



TUGAS AKHIR - TM 145502

**SIMULASI DESIGN GEOMETRI UNTUK MENDAPATKAN NILAI
PUSAT MASSA DAN KOEFISIEN HIDRODINAMIKA UNTUK
AUV SEGOROGENI DAN AUV MILITUS**

**AHADIYAT LUHUNG JATI
NRP 2113 030 066**

Dosen Pembimbing
Hendro Nurhadi, Dipl.Ing., Ph.D.
Ir. Syamsul Hadi, MT

PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR - TM 145502

SIMULASI DESIGN GEOMETRI UNTUK MENDAPATKAN NILAI PUSAT MASSA DAN KOEFSIEN HIDRODINAMIKA UNTUK AUV SEGOROGENI DAN AUV MILITUS

**AHADIYAT LUHUNG JATI
NRP 2113 030 066**

**Dosen Pembimbing
Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing., Ph.D.
Ir. Syamsul Hadi, MT**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT - TM 145502

DESIGN GEOMETRY SIMULATION TO GET VALUE OF CENTER OF MASS AND HYDRODYNAMIC COEFFICIENT FOR AUV SEGOROGENI AND AUV MILITUS

**AHADIYAT LUHUNG JATI
NRP 2113 030 066**

**Academic Advisor
Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing., Ph.D.
Ir. Syamsul Hadi, MT**

**PROGRAM STUDY DIPLOMA III
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
Faculty Of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

SIMULASI DESAIN GEOMETRI UNTUK MENDAPATKAN NILAI PUSAT MASSA DAN KOEFSIEN HIDRODINAMIKA UNTUK AUV SEGOROGENI DAN AUV MILITUS

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Ahli Madya Pada Bidang Studi Konversi Energi
Program Studi D3 Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

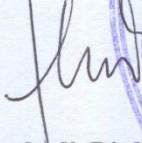
Oleh :

AHADIYAT LUHUNG JATI

NRP. 2113 030 066

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

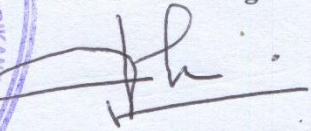
Dosen Pembimbing 1



Hendro Nurhadi, Dipl-Ing, Ph.D

NIP. 19751120 200212 1 002

Dosen Pembimbing 2



Ir. Syamsul Hadi, MT

NIP. 19581103 198701 1 001

SURABAYA, JUNI 2016

SIMULASI DESAIN GEOMETRI UNTUK MENDAPATKAN NILAI PUSAT MASSA DAN KOEFSISIEN HIDRODINAMIKA UNTUK AUV SEGOROGONI DAN AUV MILITUS

Nama Mahasiswa : Ahadiyat Luhung Jati
NRP : 2113 030 066
Jurusan : D3 Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing I : Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing.,Ph.D
Dosen Pembimbing II : Ir. Syamsul Hadi, MT

Abstrak

Autonomous Underwater Vehicle (AUV) adalah wahana tanpa awak bawah laut (Hendro Nurhadi). AUV juga dikenal juga sebagai robot kabel tanpa awak yang dilengkapi dengan sensor dengan tujuan tertentu. Dalam aplikasinya AUV memberikan kontribusi berupa membantu manusia dalam upaya pemberdayaan dan eksplorasi perairan di Indonesia, pemeriksaan pipa bawah laut dalam industri minyak dan gas, pemetaan daerah bawah laut, hingga keperluan militer. Pada umumnya AUV memiliki bentuk seperti torpedo.

Dalam tugas akhir dilakukan perhitungan mengenai pusat massa, *drag coefficient* dan *lift coefficient* dari AUV Segorogeni dan AUV Militus.

Dari hasil perhitungan yang menggunakan *software* maka di dapat pusat massa AUV Segorogeni $x=1.22$ mm, $y=124.88$ mm, $z=304.60$ mm. Pusat massa AUV Militus adalah $x=325$ mm, $y=222.28$ mm, $z=304.60$ mm. C_d AUV Segorogeni = 0.4697. C_d AUV Militus = 0.2245. C_l AUV Segorogeni = 0.4358. C_l AUV Militus = 0.2021.

Kata Kunci :AUV, Pusat Massa, *Drag Coefficient*, *Lift Coefficient*

DESIGN GEOMETRY SIMULATION TO GET VALUE OF CENTER OF MASS AND HYDRODYNAMIC COEFFICIENT FOR AUV SEGOROGONI AND AUV MILITUS

Student : Ahadiyat Luhung Jati
NRP : 2113 030 066
Department : D3 Mechanical Engineering FTI-ITS
Academic Advisor I : Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing.,Ph.D
Academic Advisor II : Ir. Syamsul Hadi, MT

Abstract

Autonomous Underwater Vehicle (AUV) is an unmanned underwater vehicle (Hendro Nurhadi) . AUV also known as cable unmanned robot equipped with sensors for specific purposes . In its application AUV contribute their help people in an effort to empower and exploration in Indonesian waters , examination of subsea pipelines in the oil and gas industry , mapping the underwater area , up to military purposes . In general AUV has a shape like a torpedo .

In the final calculation of the center of mass , drag coefficient and lift coefficient

From the results of calculations using the software is obtained center of mass AUV Segorogeni $x = 1:22 \text{ mm}$, $y = 0 \text{ mm}$, $z = -304.60 \text{ mm}$. Center of mass AUV Militus $x = 325 \text{ mm}$, $y = 22:28 \text{ mm}$, $z = -304.60 \text{ mm}$. C_d AUV Segorogeni = 0.4697 . C_d AUV Militus = 0.2245 . C_l AUV Segorogeni = 0.4358 . C_l AUV Militus = 0.2021 .

Keywords : AUV, Center of Mass, , Drag Coefficient, Lift Coefficient

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul :

“Simulasi Desain Geometri Untuk Mendapatkan Nilai Pusat Massa dan Koefisien Hidrodinamika dari AUV Segorogeni dan AUV Militus”

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi sebelum menyelesaikan pendidikan di Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS bidang konversi energi.

Laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan kepada :

1. Ayah, Ibu, dan Kakak yang tanpa mengenal lelah membimbing, menasehati, mendukung, serta mendoakan penulis.
2. Bapak Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing., Ph.D. selaku Dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan ilmu berupa arahan, motivasi dan nasehat
3. Bapak Ir. Syamsul Hadi, MT selaku dosen wali sekaligus dosen pembimbing.
4. Bapak Ir. Denny M.E Soedjono, MT selaku Koordinator Tugas Akhir.
5. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT selaku Kepala Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
6. Dosen dan karyawan Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.

7. Karyawan Gedung Pusat Robotika yang juga membantu dalam Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman seperjuangan Laboratorium Mekatronika Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
9. Teman-teman seperjuangan angkatan 2013 Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS atas bantuan, motivasi, dan kebersamaannya.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Saya ucapkan terimakasih.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan Laporan tugas akhir ini masih belum sempurna, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan, semoga hasil Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat.

Surabaya, Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

COVER.....	i
HALAMAN JUDUL.....	iii
TITLE PAGE.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK.....	x
ABSTRACT.....	xii
KATA PENGANTAR.....	xiv
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL.....	xx

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Metodologi Penelitian.....	4
1.7 Sistematika Penulisan Laporan.....	5

BAB II DASAR TEORI

2.1 Kajian Pustaka.....	7
2.2 Fluida.....	7
2.3 Sifat- Sifat Fluida (Cairan)	9
2.4 <i>Autonomous Underwater Vehicle</i> (AUV)	13
2.5 <i>Computational Fluid Dynamics</i> (CFD).....	14
2.6 Metode-Metode Numerik Dalam CFD	24
2.7 <i>Boundary Condition</i>	25

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Umum.....	33
3.2 Diagram Alir Sub-Proses Pemodelan AUV.....	35
3.3 Diagram Alir Sub-Proses Ansys Workbench.....	38

3.4 Diagram Alir Sub-Proses Set Up Paramater.....	40
---	----

BAB IV PEMBAHASAN

1.1 Iteration dan Running Time.....	43
1.2 Pusat Massa AUV Segorogeni dan Militus.....	43
4.3 Analisa Medan Aliran 3 Dimensi pada AUV Segorogeni dan AUV Militus.....	45
4.3.1 Countur of Pressure AUV Segorogeni dan AUV Militus.....	46
4.3.2 Vector of Velocity AUV Segorogeni dan AUV Militus.....	48
4.3.3 Perhitungan <i>Drag Coefficient</i> dan <i>Lift Coefficient</i>	54

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 kesimpulan.....	60
5.2 Saran.....	60

DAFTAR PUSTAKA.....	53
----------------------------	-----------

LAMPIRAN

BIOGRAFI PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 (a) Penyelaman secara langsung.....	2
Gambar 1.1 (b) Penyelaman menggunakan AUV.....	2
Gambar 2.1 Perbedaan sifat benda solid dengan fluida karena gaya geser.....	8
Gambar 2.2 AUV (Autonomous Underwater Vehicle).....	14
Gambar 2.3 Desain kerja CFD.....	16
Gambar 3.1 Diagram alir umum.....	33
Gambar 3.2 Diagram alir sub-proses pemodelan AUV.....	34
Gambar 3.3 Dimensi AUV Segorogeni.....	35
Gambar 3.4 Dimensi AUV Militus.....	36
Gambar 3.5 Diagram alir sub-proses ansys worbench.....	37
Gambar 3.6 Diagram alir sub-proses set up parameter.....	40
Gambar 4.1 Pusat Massa Segorogeni Tampak Samping.....	44
Gambar 4.2 Pusat Massa Segorogeni Tampak Atas.....	44
Gambar 4.3 Pusat Massa Militus Tampak Samping.....	45
Gambar 4.4 Pusat Massa Militus Tampak Atas.....	45
Gambar 4.5 Contour of Pressure AUV Segorogeni Isometri dan Fin.....	46
Gambar 4.6 Cotour of Pressure AUV Militus.....	47
Gambar 4.7 AUV militus tampak depan.....	48
Gambar 4.8 vector of velocity.....	49
Gambar 4.9 <i>wake</i> pada bagian belakang.....	49
Gambar 4.10 streamline tampak atas.....	50
Gambar 4.11 streamline tampak samping.....	50
Gambar 4.12 streamline tampak belakang.....	51
Gambar 4.13 Vector of velocity AUV Militus.....	51
Gambar 4.14 <i>wake</i> pada bagian belakang.....	52
Gambar 4.15 streamline tampak atas.....	53
Gambar 4.16 Streamline tampak samping.....	53
Gambar 4.17 Streamline tampak belakang.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Iterasi.....	43
------------------------------	----

BAB I

PENDAHULUAN

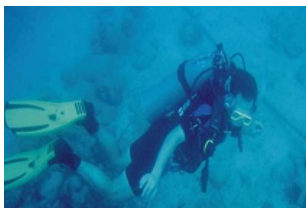
1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negeri dengan wilayah perairan yang luas. Di dalamnya terkandung potensi alam yang melimpah seperti garam, terumbu karang, minyak bumi, serta ribuan spesies ikan dengan berbagai macam bentuk dan warnanya. Laut telah menyumbang hingga US\$ 2 Milyar/tahun untuk devisa negara Menurut , Agus Setiawan, peneliti dari Pusat Teknologi Lingkungan BPPT, potensi penangkapan ikan di selatan Pulau Jawa mencapai 45.562 ton per tahun, sementara potensi penangkapan di barat Sumatera sekitar 8.293 ton per tahun. Namun, kurangnya perhatian pemerintah membuat potensi perairan menjadi sirna, bahkan menjadi milik negara lain. Minyak jutaan liter di bawah laut mampu ditemukan oleh perusahaan asing dengan perangkat eksplorasi canggih, sehingga menjadi hak miliknya. Ribuan spesies hayati laut masih menjadi misteri kekayaan laut Indonesia sedang menunggu untuk diteliti dan dimanfaatkan demi kesejahteraan masyarakat. Sudah menjadi kewajiban bagi setiap warga negara Indonesia untuk berusaha memanfaatkan kekayaan laut Indonesia dengan segala daya dan upaya.

Disamping potensi kekayaan yang terkandung di dalamnya, laut juga menjadi lawan bagi masyarakat pesisir pantai. Bencana alam berupa tsunami di Aceh dan Pangandaran menjadi pelajaran yang bagi negeri ini. Terjadinya retakan lempeng bumi mampu menyebabkan gempa di laut dalam sehingga menyebabkan air naik setinggi 300-350 meter dan menghempaskan bumi serambi mekah rata dengan tanah. Gempa di Jogja, Padang dan Sulawesi juga terjadi akibat gesekan lempeng bumi dibawah laut. Indonesia

sering terjadi gempa karena merupakan pertemuan tiga lempeng. Menurut Awang H. Satya, Ahli Geologi, Hal itu yang menyebabkan Indonesia memiliki potensi gempa paling tinggi di dunia (SuaraMedia.com). Namun hal ini tidak boleh membuat kita menjadi berputus asa dan pasrah pada keadaan. Mungkin bencana tidak mampu dihentikan, namun dapat diprediksi waktu terjadinya. Adanya potensi besar dari lautan Indonesia, maupun bencana dahsyat yang ditimbulkannya dapat menjadi motivasi bagi setiap warga negara khususnya peneliti untuk menemukan inovasi terbaiknya sebagai solusi optimalisasi potensi laut Indonesia.

Untuk menjawab tantangan alam dalam mengoptimalkan potensi laut, para peneliti mengembangkan *Remote Operated Vehicle* (ROV) dan *Autonomous Underwater Vehicle* (AUV) sebagai alat untuk mengeksplorasi benda-benda di laut. AUV adalah kendaraan bawah air yang mampu bergerak didalam air secara otomatis tanpa adanya kontrol langsung dari manusia. ROV adalah kendaraan bawah air yang gerakannya dikendalikan secara langsung oleh manusia melalui remote control dari atas permukaan air. Untuk eksplorasi bawah laut dengan kedalaman hingga 300 m diperlukan pemantauan kondisi bawah laut secara teliti, tepat, akurat dan mampu bergerak secara otomatis tanpa kendali manusia. Oleh karena itu penelitian kali ini akan menggunakan AUV sebagai sarana untuk eksplorasi bawah laut. Hal ini disebabkan AUV mampu bergerak otomatis serta tidak menggunakan remote dan kabel dalam pengoprasiannya.



Gambar 1.1 (a)



2 Gambar 1.1 (b)

Penyelaman secara langsung

Penyelaman menggunakan AUV

Gambar 1.1.(a) memperlihatkan pengamatan kondisi bawah laut yang dilakukan oleh manusia dengan cara menyelam secara langsung kedalam laut. Cara ini mengandalkan keahlian penyelam dalam mengambil gambar/video beserta keadaan bawah air lainnya. Jika keahlian dan kondisi fisik penyelam kurang optimal, maka keselamatan jiwa penyelam akan terancam dan hasil pengamatan bawah lautpun akan tidak sesuai harapan. Pada gambar 1.1.(b) pengamatan bawah laut dilakukan oleh robot bawah air (AUV) yang secara otomatis mampu mengambil gambar/ video. Cara ini tidak membahayakan jiwa manusia, tetap diperlukan robot AUV dengan teknologi terbaru serta canggih

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa titik koordinat dari pusat massa AUV Segorogeni dan AUV Militus (dalam satuan mm)?
2. Berapa nilai dari *drag coefficient* dari AUV Segorogeni dan AUV Militus?
3. Berapa nilai dari *lift coefficient* dari AUV Segorogeni dan Militus?

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui titik koordinat dari pusat massa AUV Segorogeni dan AUV Militus.
2. Untuk mengetahui nilai *drag coefficient* dari AUV Segorogeni dan AUV Militus.
3. Untuk mengetahui nilai *lift coefficient* dari AUV Segorogeni dan AUV Militus.

1.4 Manfaat

Dalam penelitian ini diharapkan profil geometri dapat meminimalisir gangguan pada sistem kendali.

1.5 Batasan Masalah

Aspek yang menjadi batasan dalam penyelesaian *Autonomous Underwater Vehicle* (AUV) ini antara lain :

1. Wahana bawah air ini tanpa *ballast*.
2. keadaan lingkungan (*environmental assumption*) hanya air laut.
3. Densitas air laut konstan.
4. AUV Segorogeni beroperasi pada kedalaman 4 meter dan AUV Militus Beroperasi pada kedalaman 100 meter.
5. Tidak ada analisa fenomena belakang *body* (Turbulensi, laminasi, vorteks).
6. AUV hanya bergerak ke arah horizontal (*surge*).
7. Gaya hidrodinamika yang bekerja hanya searah horizontal.
8. Sudut AUV Segorogeni dan AUV Militus 0 derajat

1.6 Metodologi Penelitian

Prosedur yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini mengacu pada metode eksperimental dengan prsedur sebagai berikut:

- Studi literatur
Untuk mendapatkan dasar teori yang mengacu pada tema dari tugas akhir ini. Diperoleh dengan mencari refrensi pada buku, makalah, jurnal dan buku tugas akhir yang berhubungan dengan AUV
- Pemilihan alat dan bahan
 - *Personal Computer* . Core i7 RAM 8 GB
 - Ansys Workbench 2015

- Solid Work 2014
- Pengambilan data
Pengambilan data meliputi pengambilan dimensi dari AUV Segorogeni dan AUV Militus.

1.7 Sistematika Penulisan

Laporan ini disusun dngan sistematika sabagi berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, tujuan, rumusan masalah, batasan masalah, metodologi penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II : DASAR TEORI

Berisi tentang teori yang dipakai guna menunjang tugas akhir berupa materi tentang AUV dan *Computational Fluid Dynamics* (Software numerik).

BAB III : METODOLOGI

Menjelaskan proses, penetapan variable, serta pembuatan desain yang akan digunakan dalam tugas akhir.

BAB IV : HASIL DAN ANALISA

Berisi tentang hasil pengujian dari penelitian kemudian dilakukan analisa serta dilakukan pembahasan guna mendapat hasil dari penelitian yang sudah ada

BAB V : KESIMPULAN

Berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran guna menunjang atau membantu peneliti selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Untuk menganalisa aliran di permukaan benda biasanya diperlukan alat bantu berupa *wind tunnel* atau *towing tank* lalu kemudian dilakukan analisa dari hasil yang di dapat dengan alat bantu tersebut. Ada perhitungan secara matematis untuk menganalisa hasil dari alat bantu tersebut.

Dengan menggunakan *Computational Fluid Dynamics* analisa dan perhitungan matematis dilakukan oleh perangkat lunak sehingga lebih efektif dari segi penggunaan waktu. Dalam penelitian ini memerlukan beberapa tahap untuk mendapatkan hasilnya. Dalam penelitian didapatkan bahwa (kasih sedikit kesimpulan antara perhitungan matematis dan hasil fluent)

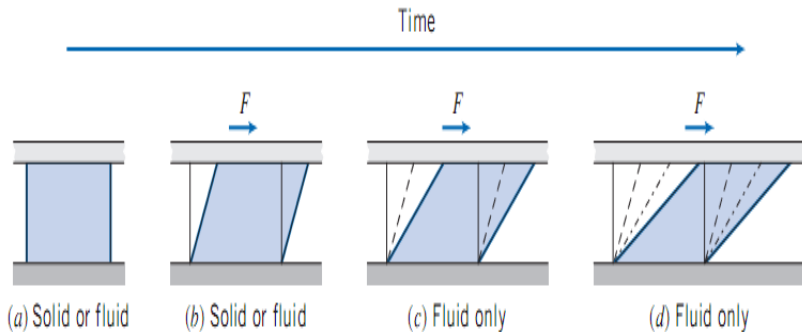
2.2 Fluida

Mekanika Fluida adalah cabang ilmu yang mempelajari mengenai zat fluida bergerak atau diam serta gaya akibat yang ditimbulkan oleh fluida tersebut pada batasnya. Sedangkan fluida sendiri merupakan zat yang akan mengalami deformasi secara terus menerus jika diberikan tegangan geser (tangensial) tidak peduli seberapa kecil tegangan geser tersebut. Batas tersebut dapat berupa permukaan padat atau fluida lainnya.

Pembahasan tentang fluida yang bergerak yaitu dengan mengembangkan persamaan-persamaan dasar untuk pengetrapan teori analisis berdasarkan volume tetap. Analisis didasarkan pada volume tetap, karena: Pertama, fluida sebagai media dapat mengalami distorsi dan deformasi secara terus menerus dan oleh karenanya sangat sulit sekali untuk mengidentifikasi suatu massa yang sama di setiap saat. Kedua, lebih sering berurusan dengan pengaruh dari gerakan fluida secara menyeluruh terhadap suatu peralatan maupun terhadap bangunan konstruksi tertentu. Ketiga, lebih sering berurusan dengan pengaruh dari gerakan fluida secara

menyeluruh terhadap suatu peralatan maupun terhadap bangunan konstruksi tertentu.

Secara umum terdapat perbedaan antara fluida dengan benda solid, dimana benda solid tidak terjadi deformasi secara kontinyu selama gaya (F) yang dikenakan lebih kecil dibanding batas elastisnya. Sedangkan fluida sendiri akan mengalami deformasi secara terus menerus jika di berikan tegangan geser (tangensial) seiring berjalannya waktu, seberapa kecil tegangan geser tersebut tidak akan berpengaruh. Kondisi di lapangan menyatakan bahwa jika fluida berada dalam keseimbangan, fluida tidak dapat menahan gaya



Gambar 2.1 Perbedaan sifat benda solid dengan fluida
karena gaya geser
(Fox And McDonald's, 8th edition)

Fluida memiliki sifat mengikuti perubahan bentuk wadah serta kemampuannya untuk mengalir menuju suatu tempat. Sifat ini dikarenakan salah satu dari sifat ketidakmampuan fluida melawan tegangan geser (shear stress) yang terjadi khususnya dalam kondisi static equilibrium.

Berdasarkan pergerakan partikelnya, aliran fluida dibedakan menjadi aliran laminar dan turbulen. **Aliran laminar** merupakan aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan (lamina-lamina) yang membentuk

garis-garis alir dan tidak berpotongan satu sama lain. **Aliranturbulen** adalah aliran fluida yang partikel-partikelnya bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan berfluktuasi yang saling interaksi. Akibat dari hal itu maka garis alir antar partikel fluidanya akan saling berpotongan. Untuk menentukan aliran fluida tersebut aliran laminar ataupun aliran turbulen dapat dilihat dari nilai bilangan reynold –nya, pada externalflow (aliran tersebut melewati suatu contourbody yang berada pada aliran fluida tanpa batas), pada aliran laminar bilangan reynold –nya $\leq 5 \times 10^5$, dan pada aliran turbulen bilangan reynold – nya $> 5 \times 10^5$.

Kemudian aliran fluida diklasifikasikan berdasarkan perubahan terhadap waktu yaitu aliran tunak (steady flow) dan aliran tak tunak (unsteady flow). Aliran tunak (steady flow) terjadi jika kondisi fluida pada titik manapun tidak terjadi perubahan kecepatan terhadap waktu dengan jangka waktu yang tidak terbatas dan dapat dinotasikan dengan $\frac{\partial v}{\partial t} = 0$, apabila pada kondisi kecepatan aliran berubah terhadap waktu $\frac{\partial v}{\partial t} \neq 0$, maka aliran tersebut digolongkan menjadi aliran tak tunak (unsteady flow).

Cairan adalah suatu zat yang memiliki densitas dan viskositas. Densitas tergantung pada tekanan (P) dan temperatur (T). Pada umumnya wahana ini di dalam air melaju dengan kecepatan dibawah sepertiga kecepatan suara. Pada batas kecepatan tersebut harga variasi tekanan dan temperatur dalam aliran dengan harga freestream sangat kecil, oleh karena itu perubahan pada densitas dapat diabaikan. Dengan demikian aliran fluida berupa cairan yang mengalir di sekeliling wahana dapat dikategorikan sebagai aliran fluida incompressible.

Properti lain dari cairan adalah viskositas. Properti ini dikarenakan oleh gesekan molekuler antar partikel-partikel fluida. Gesekan ini berhubungan dengan fluks momentum, karena adanya gradient kecepatan. Untuk fluida incompressible, properti ini bergantung pada temperatur. Viskositas yang dimiliki fluida ini dapat menyebabkan

terjadinya friction drag sehingga timbul gradien kecepatan pada dinding.

2.3 Sifat-sifat Fluida (Cairan)

Cairan adalah fluida yang memiliki densitas dan viskositas.

Densitas (ρ) didefinisikan sebagai massa persatuan volume. Properti ini tergantung pada tekanan (P) dan temperatur (T). Kendaraan di jalan pada umumnya berjalan dengan kecepatan dibawah sepertiga kecepatan suara. Pada batas kecepatan tersebut harga variasi tekanan dan temperatur dalam aliran dengan harga freestream sangat kecil, oleh karena itu perubahan pada densitas dapat diabaikan. Dengan demikian aliran udara yang mengalir di sekeliling kendaraan dapat dikategorikan sebagai aliran fluida incompressible. Untuk kondisi standar, $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 288 \text{ K}$, harga densitas atau $\rho = 1,2250 \text{ kg/m}^3$.

Properti lainnya dari udara adalah viskositas. Properti ini disebabkan oleh gesekan molekuler antara partikel-partikel fluida. Gesekan ini berhubungan dengan fluks momentum karena gradient kecepatan. Untuk fluida incompressible, properti ini bergantung pada temperatur. Pada kondisi standar viskositas $\mu = 1,7894 \times 10^{-5} \text{ Ns/m}^2$ dan $\nu = 1,4607 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. Viskositas yang dimiliki fluida ini menyebabkan terjadinya friction drag sehingga timbul gradien kecepatan pada dinding.

2.3.1 Densitas

Densitas (ρ) atau kerapatan suatu zat adalah ukuran untuk konsentrasi zat tersebut yang dinyatakan dalam massa persatuan volume pada atmosfer bumi. Properti ini bergantung pada tekanan (P) dan temperatur (T). Densitas dinyatakan dalam tiga bentuk, yaitu:

1) Densitas Massa

Densitas massa merupakan perbandingan jumlah massa dengan jumlah volume. Densitas massa dapat dirumuskan dalam bentuk persamaan:

$$\rho = \frac{m}{V} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana: m = massa (kg)

V = volume (m³)

ρ = massa jenis (kg/m³)

Harga standarnya pada tekanan P = 1,01325 x 10⁵ N/m² dengan temperatur 288,15 K sehingga densitas udara 1,225 kg/m³ dan untuk air adalah 1000 kg/m³.

2) Berat Spesifik

Didefinisikan sebagai gaya gravitasi terhadap massa yang terkandung dalam sebuah satuan volume zat.

$$\gamma = \rho \cdot g \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana: γ = berat spesifik (N/m³)

Untuk (γ udara = 12,07 N/m³) dan (γ air = 9,81 x 10³ N/m³).

3) Densitas Relatif (Specific Gravity)

Densitas relatif disebut juga specific gravity (SG) yaitu perbandingan antara berat spesifik suatu zat dengan berat spesifik air. Karena kerapatan semua zat cair bergantung pada temperatur serta tekanan, maka temperatur zat cair yang dipertanyakan, serta temperatur air dijadikan acuan, harus dinyatakan untuk mendapatkan harga-harga gravitasi yang tepat.

$$SG = \frac{\gamma_{zat}}{\gamma_{air}} \dots \dots \dots (2.3)$$

2.3.2 Viskositas

Viskositas merupakan pengukuran ketahanan fluida terhadap deformasi, sedangkan viskositas sendiri disebabkan oleh gesekan molekuler antara partikel-partikel fluida. Gesekan ini berhubungan dengan fluks momentum karena gradient kecepatan. Untuk fluida incompressible, properti ini bergantung pada temperatur. Viskositas dinyatakan dalam dua bentuk yaitu:

1) Viskositas Dinamis (μ)

Viskositas dinamis merupakan perbandingan tegangan geser dengan laju perubahannya, besarnya viskositas air bervariasi dan dipengaruhi temperatur. Pada kondisi standar (temperatur kamar 26,5°C) besar viskositas dinamik adalah $\mu_{\text{air}} = 8,6 \times 10^{-4} \text{ Ns/m}^2$ dan $\mu_{\text{udara}} = 1,7894 \times 10^{-5} \text{ Ns/m}^2$

2) Viskositas Kinematik (ν)

Merupakan perbandingan viskositas dinamik (μ) terhadap kerapatan (ρ):

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \dots \dots \dots (2.4)$$

Viskositas kinematik muncul dalam banyak terapan, misalnya dalam bilangan Reynold yang tanpa dimensi. Untuk air pada temperatur 26,5°C ialah $8,6 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ dan $\nu_{\text{udara}} = 1,4607 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

2.3.3 Bilangan Reynolds

Kondisi aliran laminar atau turbulen dapat dinyatakan dengan bilangan Reynolds untuk aliran incompressible. Jenis lapis batas pada aliran udara yang mengalir suatu obyek juga sangat ditentukan oleh bilangan Reynolds (Re). Hal ini dapat dijelaskan bahwa dalam lapis batas, gaya gesekan gaya inersia sangat penting. Sedangkan bilangan Reynolds sendiri menggambarkan perbandingan antara gaya inersia terhadap gaya geser yang mengkuantifikasikan hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu.

$$Re = \frac{\text{Gaya inersia}}{\text{Gaya geser}} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\text{dimana : Gaya Inersia} = p \times A = \rho \cdot U_{\infty}^2 \cdot L^2$$

$$\text{GayaGeser} = \tau \times A = \left(\frac{\mu \cdot U_{\infty}}{L} \right) \cdot L^2$$

Sehingga,

- Untuk aliran eksternal

$$Re = \frac{\rho \cdot U_{\infty}^2 \cdot L^2}{\left(\frac{\mu \cdot U_{\infty}}{L} \right) \cdot L^2} = \frac{\rho \cdot U_{\infty} \cdot L}{\mu} \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana : ρ : Densitas fluida
 U_{∞} : Kecepatan aliran free stream fluida
 L : Panjang karakteristik yang diukur pada medan aliran, dalam kasus ini digunakan diameter hidrolis, yaitu D_h
 μ : Viskositasdinamis fluida

- Untuk aliran internal

Diameter hidrolis (D_h) digunakan untuk perhitungansaluran yang tidak berbentuk bundar. Diameter hidrolis dapat didefinisikan sebagai

$$D_h = \frac{4 \cdot A}{P} \dots\dots\dots (2.7)$$

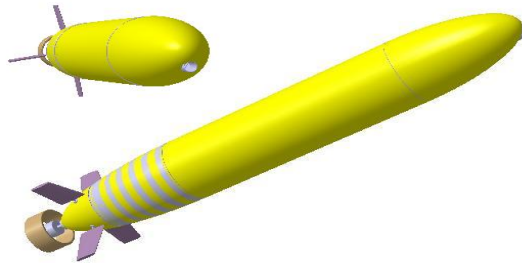
Dimana : A = Luas penampang
 P = keliling penampang

Sehingga,

$$Re_h = \frac{\rho \cdot U_{\infty} \cdot D_h}{\mu} \dots\dots\dots (2.8)$$

2.4 *Autonomous Underwater Vehicle (AUV)*

Autonomous Underwater Vehicle (AUV) adalah wahana tanpa awak bawah laut (Hendro Nurhadi). AUV juga dikenal juga sebagai robot kabel tanpa awak yang dilengkapi dengan sensor dengan tujuan tertentu. Dalam aplikasinya AUV memberikan kontribusi berupa membantu manusia dalam upaya pemberdayaan dan eksplorasi perairan di Indonesia, pemeriksaan pipa bawah laut dalam industri minyak dan gas, pemetaan daerah bawah laut, hingga keperluan militer. Pada umumnya AUV memiliki bentuk seperti torpedo.



Gambar 2.2 AUV (Autonomous Underwater Vehicle)

2.5 *Computational Fluid Dynamics (CFD)*

CFD adalah cabang dari mekanika fluida yang menggunakan analisa numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa masalah dari aliran fluida. *Personal Computer (PC)* digunakan untuk menampilkan perhitungan yang dibutuhkan untuk mensimulasi interaksi fluida dengan permukaan yang biasanya disebut *boundary conditions*.

CFD juga didefinisikan sebagai teknik perhitungan untuk memprediksi fenomena dasar masalah aliran dengan menggunakan komputer berkemampuan tinggi. Analisa sistem

seperti aliran fluida, perpindahan panas dan fenomena lainnya yang sejenis melalui simulasi komputer. Teknik CFD dianggap cukup akurat dan telah digunakan secara luas di dunia industri maupun non-industri sejak awal 1990-an.

Beberapa keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan CFD antara lain :

- Meminimumkan waktu dan biaya dalam mendesain suatu produk, bila proses desain tersebut dilakukan dengan uji eksperimen dengan akurasi tinggi.
- Memiliki kemampuan sistem studi yang dapat mengendalikan percobaan yang sulit atau tidak mungkin dilakukan melalui eksperimen.
- Memiliki kemampuan untuk studi dibawah kondisi berbahaya pada saat atau sesudah melewati titik kritis (termasuk studi keselamatan dan skenario kecelakaan).
- Keakuratannya akan selalu dikontrol dalam proses desain.

Aplikasi CFD untuk penyelesaian masalah aliran pada AUV telah mengalami kemajuan yang cukup pesat pada akhir-akhir ini. Bahkan saat ini teknik CFD merupakan bagian dari proses desain dalam diagram perencanaan. Dengan CFD memungkinkan untuk memprediksi fenomena aliran fluida yang jauh lebih kompleks dengan berbagai tingkat akurasi.

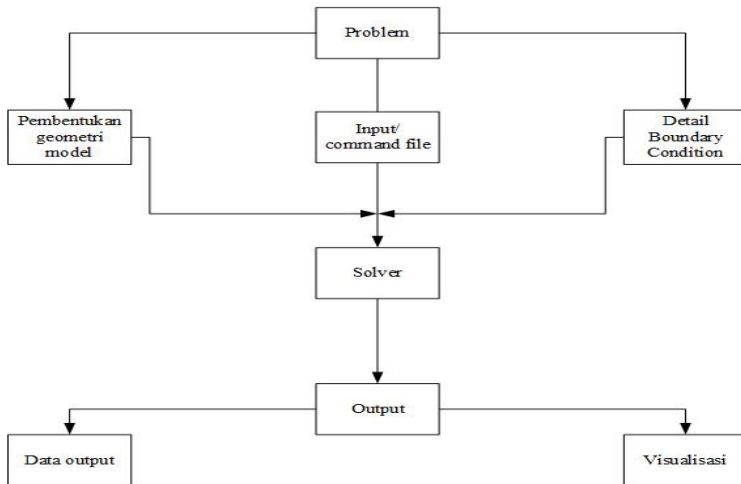
Berbagai program CFD yang bersifat komersial telah cukup banyak dikenal dipasaran seperti PHONICS, STAR-CD, ANSYS. Pada umumnya program-program komputer tersebut dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok berdasarkan jenis penyelesaian, yaitu:

1. Metode Panel
2. Metode Stokse

Pada mulanya perkembangan CFD dengan metode panel banyak mengalami hambatan terutama pada masalah komputasinya. Beberapa program yang menggunakan metode panel diantaranya VSAERO/WHIP dari USA, DAWSON dan MARIN dari Belanda, PALSUPAN dari Universitas Southhamton Inggris. Akan tetapi seiring dengan perkembangan teknik komputer maka metode penyelesaian

yang digunakan cenderung mengarah pada Navier Stokes (RANS). RANS Code paling banyak digunakan oleh program-program CFD untuk menyelesaikan masalah aliran dengan memanfaatkan persamaan Navier Stokes, kemudian meratakan terhadap waktu.

Dalam desain kerjanya, problem yang ada perlu dideskripsikan ke dalam software CFD dengan menggambarkan model yang akan dianalisa. Sifat-sifat fluida yang ada di sekitar model dan juga penentuan kondisi batasnya. Selanjutnya dalam solver problem yang ada akan dihitung dengan pendekatan persamaan Navier Stokes. Dari hasil perhitungan kemudian didapatkan hasil output dari running program CFD. Adapun desain CFD adalah sebagai berikut:



Gambar 2.3 Desain kerja CFD

Computational Fluids Dynamics (CFD) merupakan analisa sistem yang mencakup aliran fluida, perpindahan

panas, dan fenomena yang terkait seperti reaksi kimia dengan menggunakan simulasi berbasis komputer (numerical). Teknik ini sangat berguna dan dapat diaplikasikan pada bidang industri dan non industri. Kode CFD terstruktur atas logaritma numerik, sehingga dapat digunakan untuk menyelesaikan problem pada suatu aliran fluida.

Kode CFD disini terdiri atas tiga elemen utama yakni :

1. Pre-processing
2. Solver
3. Post processing

2.5.1 Pre-processing

Tahap pre-processing terdiri dari input problem untuk program CFD dengan menggunakan *operator-friendly interface*. Input problem tadi ditranformasikan ke dalam bentuk yang sesuai dengan solver. Aktivitas user pada tahap ini antara lain :

- Pendefinisian geometri benda dan daerah sekeliling benda domain komputasi.
- Grid Generation
Membagi domain yang telah ditentukan menjadi bagian yang lebih kecil (sub-domain).
- Penentuan fenomena fisika dan kimia yang dimodelkan.
- Penentuan sifat-sifat fluida seperti density, pressure, dan temperature.
- Penentuan kondisi batas (*boundary layer*)

Penyelesaian masalah aliran yang berupa kecepatan, tekanan atau temperatur didefinisikan pada simpul-simpul setiap cell. Jumlah cell dalam grid (mesh) untuk menentukan akurasi penyelesaian CFD. Pada umumnya semakin banyak cell semakin baik akurasi penyelesaiannya. Akan tetapi sebagai konsekuensinya, biaya yang berkaitan dengan investasi hardware dan waktu perhitungan yang diperlukan menjadi lebih besar. Untuk hasil yang optimal biasanya pembuatan mesh dilakukan tidak seragam. Daerah yang

memiliki gradien perubahan bentuk sangat tajam, proses meshing dilakukan sangat halus, sedang pada daerah lainnya dibuat agak besar.

2.5.2 Flow Solver

Ada 4 teknik solusi numerik berbeda yaitu : *finite difference*, *finite element*, *spectral method*, dan *finite volume*.

Secara umum uraian metode numerik bentuk basisi solver meliputi tahap sebagai berikut :

- Aproksimasi variabel aliran yang tidak diketahui dengan menggunakan fungsi sederhana.
- Diskritisasi dengan substitusi aproksimasi ke dalam persamaan aliran *governing* dan diikuti manipulasi matematika
- Solusi persamaan aljabar

Dalam tahap ini akan dilakukan perhitungan tentang model yang kita buat, secara literasi. Semakin kecil tingkat kesalahan yang kita lakukan, maka semakin banyak literasi yang akan dilakukan. Metode numerik yang biasa digunakan dalam teknik CFD adalah *finite volume method*.

2.5.3 Post Processing

Dalam tahap post-processing, para ahli melakukan sejumlah pengembangan pada setiap bidang processing. Untuk meningkatkan engineering workstation, dimana kini banyak diantaranya telah memiliki kemampuan grafis dan paket CFD utama dengan dilengkapi alat bantu visualisasi data multifungsi. Dalam proses set-up dan running simulasi CFX, ada tahapan identifikasi dan formulasi permasalahan aliran dengan pertimbangan fenomena fisik dan kimia. Pemahaman yang cukup baik diperlukan dalam penyelesaian algoritma penyelesaian numerik. Ada 3 konsep matematika yang diperlukan dalam menentukan berhasil atau tidaknya algoritma yaitu : konvergensi, konsistensi, dan stabilitas.

- Konvergensi, yaitu sifat metode numerik untuk menghasilkan penyelesaian eksak dimana grid spacing, ukuran control volume atau ukuran elemen

dikurangi mendekati nol. Konvergensi biasanya sulit untuk didapatkan secara teoritis

- Konsistensi, yaitu urutan numerik untuk menghasilkan sistem persamaan aljabar yang dapat diperlihatkan sama (equivalen) dengan persamaan pengendali sebagai jarak grid mendekati nol.
- Stabilitas, yaitu : penggunaan faktor kesalahan sebagai indikasi metode numerik. Jika sebuah teknik tidak stabil dalam setiap kesalahan pembulatan pada data awal maka dapat menyebabkan terjadinya osilasi atau divergensi.

CFX memberikan hasil fisik yang realistis dengan akurasi yang baik pada simulasi dengan grid yang berhingga. Ada tiga sifat perhitungan *finite volume*, yaitu : *Conservativeness*, *Boundedness*, dan *Transportiveness*. Ketiganya didesainnya menjadi bagian berhingga yang dapat menunjukkan keberhasilan simulasi CFX.

Disamping itu ketiga umumnya digunakan sebagai alternatif konsep matematika yang akurat. Skema numerik memiliki sifat *conservativeness* yang dapat mempertahankan kekentalan sifat-sifat fluida secara global untuk seluruh domain penyelesaiannya. Pendekatan volume hingga dapat menjamin tetap berlangsungnya kekentalan fluida untuk tiap control volume. Proses aliran terdiri dari dua yaitu konveksi dan difusi. Keduanya dapat dihitung pengaruh arahnya dengan bagian *finite volume*, yaitu *transportiveness*. Sedangkan *boundedness* dapat mempertahankan kestabilan suatu metode numerik yang mensyaratkan adanya batasan harga minimum dan maksimum dari variable-variable aliran.

2.5.4 FLUENT

Fluent adalah satu jenis program CFD yang menggunakan metode volume hingga (*finite volume*). *Fluent* menyediakan fleksibilitas *mesh* yang lengkap, sehingga dapat menyelesaikan kasus aliran fluida dengan *mesh (grid)* yang

tidak terstruktur sekalipun dengan cara yang relatif mudah. Jenis *mesh* yang didukung oleh *Fluent* adalah tipe 2D (*two dimension*) *triangular-quadrilaterall*, 3D (*three-dimension*) *tetrahedral-hexahedral-pyramid-wedge*, dan *mesh* campuran (*hybrid*). *Fluent* juga memungkinkan penggunaanya untuk memperhalus atau memperbesar *mesh* yang sudah ada. Beberapa kelebihan *Fluent* yaitu mudah untuk digunakan, model yang realistis (tersedia berbagai pilihan *solver*), diskritisasi atau *meshing* model yang efisien (dalam *Gambit*), cepat dalam penyajian hasil (bisa dengan paralel komputer), dan visualisasi yang mudah untuk dimengerti. Aplikasi *Fluent* di dalam dunia industri, sering digunakan untuk desain dari suatu sistem fluida, dan juga untuk mencari sumber atau analisis kegagalan suatu sistem fluida. *Software* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Fluent 6.3.26*.

1) Formulasi Solver

Di dalam *Fluent* tersedia tiga formulasi *solver*, yaitu *segregated*, *coupledimplisit*, dan *coupledeksplisit*. Ketiga formulasi tersebut menghasilkan solusi yang akurat untuk berbagai jenis kasus, tetapi pada beberapa kasus tertentu salah satu formulasi mungkin dapat menghasilkan solusi yang lebih cepat daripada yang lain.

Formulasi *solversegregated* menyelesaikan persamaan-persamaan pada suatu kasus secara bertahap, sedangkan pada *solver coupled* menyelesaikan semua persamaan secara bersamaan. Kedua formulasi *solver* tersebut menyelesaikan persamaan untuk besaran-besaran tambahan (misalnya, radiasi, turbulensi) secara bertahap. *Solver coupled* implisit dan eksplisit mempunyai perbedaan pada cara melinierkan persamaan-persamaan yang akan diselesaikan.

Secara umum, *solversegregated* banyak digunakan untuk kasus dengan fluida inkompresibel dan kompresibel dengan kecepatan aliran rendah sampai menengah (bilangan $Mach < 1$). Adapun *solver coupled* pada dasarnya didesain untuk kasus fluida kompresibel dengan kecepatan tinggi (bilangan $Mach \geq 1$).

2) Penentuan Model

Pada *Fluent* terdapat beberapa model dan persamaan dasar yang dapat dipilih sesuai dengan kasus yang akan dianalisis. Persamaan-persamaan tersebut meliputi model multifasa, persamaan energi, model viskos, model spesies transport dan reaksi, model fasa diskrit, model pembekuan dan peleburan, dan model akustik. Pada topik kali ini akan dibahas lebih lanjut mengenai persamaan energi dan model viskos.

Secara garis besar, model *turbulen* dapat didekati dengan dua pendekatan, yaitu berdasarkan *Reynolds Averaged Navier Stokes (RANS)* dan berdasarkan *Large Eddy Simulation (LES)*. Sebelum menentukan model viskos, harus ditentukan terlebih dahulu apakah aliran fluida yang akan disimulasikan termasuk dalam aliran *laminar* atau *turbulen* dengan menghitung bilangan *Reynolds* terlebih dahulu. Apabila termasuk aliran *turbulen*, maka *Fluent* menyediakan beberapa model turbulensi, yaitu model *Spalart - Allmaras*, model *k - ϵ Standard*, *k - ϵ Renormalization group (k - ϵ RNG)*, *k - ϵ Realizable*, model *k - ω Standard*, *k- ω Shear Stress Transport (SST)*, model *Reynoldsstress (RSM)*, dan model *Large Eddy Simulation (LES)* khusus 3D.

Dari pemodelan-pemodelan tersebut, pemodelan turbulensi yang baik dalam memprediksi tekanan statis dinding adalah pemodelan $k - \varepsilon$ *realizable*. Hal ini dikarenakan *error* yang terjadi pada model tersebut adalah paling kecil, sehingga dapat dikatakan lebih akurat dibandingkan pemodelan lain untuk mendeskripsikan tekanan statis. Model *k-epsilon realizable* merupakan pengembangan model yang relatif baru dan berbeda dengan model *k-epsilon* dalam dua hal, yaitu:

- Pada model *k-epsilonrealizable* terdapat formulasi baru untuk memodelkan viskositas *turbulen*.
- Sebuah persamaan untuk *epsilon* telah diturunkan dari persamaan untuk menghitung fluktuasi vortisitas rata-rata.

Istilah *realizable* mempunyai arti bahwa model tersebut memenuhi beberapa batasan matematis pada bilangan *Reynolds*, konsisten dengan bentuk fisik aliran *turbulen*. Kelebihan dari model *k-epsilonrealizable* adalah lebih akurat untuk memprediksikan laju penyebaran fluida dari pancaran jet/nozel. Model ini juga memberikan performa yang bagus untuk aliran yang melibatkan putaran, lapisan batas yang mempunyai gradien tekanan yang besar, separasi, dan resirkulasi. Salah satu keterbatasan model *k-epsilonrealizable* ialah terbentuknya viskositas *turbulen* non fisik pada kasus dimana domain perhitungan mengandung zona fluida yang diam dan berputar (*multiple reference frame, sliding mesh*).

3) Penentuan Kondisi Batas

Untuk mendefinisikan suatu kasus, harus dimasukkan informasi pada variabel aliran pada domain kasus tersebut,

antara lain fluks massa, momentum, energi, dan lain-lain. Informasi tersebut salah satunya harus dimasukkan dalam kondisi batas (*boundarycondition*). Penentuan kondisi batas melibatkan beberapa hal, yaitu:

- mengidentifikasi lokasi kondisi batas, misalnya sisi masuk, sisi keluar, dinding, dan lain-lain;
- memasukkan informasi/data pada batas yang telah ditentukan.

Data yang diperlukan (input) pada kondisi batas merupakan data yang sudah diketahui atau data yang dapat diasumsikan. Tetapi asumsi data tersebut harus diperkirakan mendekati yang sebenarnya. *Input* data yang salah pada kondisi batas akan sangat berpengaruh terhadap hasil simulasi. Kondisi batas yang terdapat pada *Fluent* sebagai berikut:

- Umum: *pressure inlet, pressure outlet*
- Aliran inkompresibel: *velocity inlet, outflow*
- Aliran kompresibel: *mass flow inlet, pressure far-field*
- Spesial: *inlet vent, outlet vent, intake fan, exhaust fan*
- Sisi ganda (*doublesided*): *fan, interior, porous jump, radiator*
- Lain-lain: *wall, symmetry, periodic, axis*

Pada pembahasan kali ini akan dibahas lebih lanjut mengenai *velocity inlet, outflow*, dan *wall*.

a) *Velocity Inlet*

Kondisi batas *velocity inlet* digunakan untuk mendefinisikan kecepatan aliran dan besaran skalar lainnya pada sisi masuk aliran. Kondisi batas ini hanya digunakan untuk aliran inkompresibel. Metode spesifikasi kecepatan yang ada pada kondisi batas ini adalah:

- Komponen (*Components*)

- Besar/nilai kecepatan, tegak lurus terhadap batas (*Magnitude, normal to boundary*)
- Besar/nilai kecepatan dan arah (*Magnitude & direction*)

b) Outflow

Kondisi batas ini digunakan apabila data aliran pada sisi keluar tidak diketahui sama sekali atau dapat diabaikan. Data pada sisi keluar diekstrapolasi dari data yang ada pada aliran sebelum mencapai sisi keluar. tidak perlu dimasukkan data apapun pada kondisi batas ini. Keterbatasan kondisi batas *outflow* adalah:

- Hanya dapat dipakai jika aliran pada sisi keluar adalah aliran berkembang penuh (*fully developed*).
- Hanya dapat dipakai untuk aliran inkompresibel.
- Tidak dapat digunakan bersamaan dengan kondisi batas *pressure inlet*, harus menggunakan kondisi batas *velocity inlet* pada sisi masuk.
- Tidak dapat digunakan untuk aliran transien dan massa jenis yang tidak konstan sepanjang aliran.
- Tidak dapat digunakan untuk kasus yang mengalami aliran balik pada sisi keluarnya, karena persamaan yang digunakan untuk mengekstrapolasi data pada aliran mengasumsikan aliran yang terjadi pada sisi keluar adalah aliran berkembang penuh yang tidak mungkin terjadi aliran balik. Oleh karena itu apabila hendak dipakai kondisi batas *outflow*, harus dipastikan terlebih dahulu

bahwa lokasi kondisi batas tersebut telah berada pada daerah aliran berkembang penuh.

c) Wall

Kondisi batas ini digunakan sebagai dinding untuk aliran fluida dalam saluran atau dapat disebut juga sebagai dinding saluran. Kondisi batas ini digunakan juga sebagai pembatas antara daerah fluida (cair dan gas) dan padatan. Pada aliran viskos, kondisi *no slip* yang terjadi pada dinding sebagai berikut:

- Kecepatan tangensial fluida pada dinding sama dengan kecepatan dinding, jadi apabila dindingnya tidak bergerak maka kecepatan tangensial fluida pada dinding sama dengan nol.
- Komponen arah normal kecepatan fluida pada dinding sama dengan nol.
- Tegangan geser yang terjadi antara dinding dan fluida dapat ditentukan.

Apabila persamaan energi diaktifkan, maka pada dinding terdapat beberapa tipe fungsi kondisi termal antara lain *heatflux*, temperatur, konveksi, dan radiasi. Kekasaran permukaan dinding dapat ditentukan apabila menggunakan model viskos *turbulen*. Dinding juga dapat dibuat bergerak secara translasi dan rotasi

2.6 Metode-Metode Numerik Dalam CFD

2.6.1 Metode Elemen Hingga (*Finite Elemen Method*)

Metode ini menggunakan fungsi bentuk sederhana (linier atau kuadrat) pada elemen yang menggambarkan variasi aliran. Persamaan pengendali dapat dipenuhi dengan

penyelesaian secara eksak. Jika perkiraan persamaan tersebut tidak dipenuhi, sisa (residual) dapat diukur tingkat kesalahannya. Kemudian sisa tersebut diminimumkan dengan cara mengalikannya dengan fungsi berat dan mengintegalkannya. Hasilnya merupakan fungsi aljabar untuk koefisien yang tidak diketahui dari fungsi perkiraan.

2.6.2 Metode Volume Hingga (*Finite Volume Method*)

Metode ini dikembangkan sebagai formulasi khusus metode beda hingga. Secara global metode beda hingga memiliki algoritma numerik sebagai berikut :

- a. Pengintegralan persamaan pengendali aliran fluida terhadap seluruh kontrol volume dari domain penyelesaian.
- b. Pendeskritan yang meliputi substitusi sebagai pendekatan beda hingga dari suku-suku persamaan yang diintegalkan tersebut diatas yang menggambarkan proses aliran seperti konveksi difusi, dansource. Pada tahap ini persamaan integral akan diubah menjadi persamaan aljabar.
- c. Penyelesaian persamaan aljabar dengan metode literasi.

2.7 Boundary Condition

- a. Inlet (subsonic)
 - *Magnitude* kecepatan *inlet* ditentukan dan arah diambil normal terhadap *boundary*. Batasan arah mensyaratkan bahwa, D_1 , paralel terhadap *boundary surface* normal, yang dihitung pada tiap *element face* pada *inlet boundary*.
 - Komponen kecepatan Cartesian
Komponen kecepatan *boundary* ditetapkan dengan *non-zero resultant* kedalam domain :

$$U_{inlet} = U_{spec}j + W_{spec}k \quad (2.23)$$

- Tekanan Total

Tekanan total (P_{tot}), untuk fluida *incrompresible* didefinisikan sebagai

$$P_{tot} = P_{start} + \frac{1}{2} \rho U^2 \quad (2.24)$$

Catatan

Batas normal terhadap pilihan *boundary* adalah sama seperti pada pilihan kecepatan normal. Secara alternatif, vektor arah dapat ditentukan secara eksplisit menggunakan tiga komponen. Pada kedua kasus *boundary* aliran massa adalah suatu hasil implisit simulasi aliran.

- Laju Aliran Massa

Batas laju aliran massa, ditentukan sepanjang arah komponen. Dimana influx dihitung menggunakan rumus :

$$\rho U = \frac{\dot{m}}{\int_s dA} \text{ dan } \int_s dA \quad (2.25)$$

yang merupakan integrasi luasan *boundary surface* pada suatu mesh yang diberikan. Area tersebut berbeda dengan resolusi mesh karena resolusi mesh menentukan bagaimana *boundary surface* ditentukan. Nilai ρU dijaga tetap konstan diatas seluruh *boundary surface*.

- Turbulensi

Untuk model turbulensi k- ϵ kualitas inlet, k, dan ϵ ditentukan secara langsung atau dihitung menggunakan skala distribusi pada *inlet* dengan mengacu pada intensitas turbulensi, I dimana :

$$I = \frac{u}{U} \quad (2.26)$$

Biasanya nilai intensitas turbulensi inlet (I) mendekati 0.037.

$$k_{inlet} = \frac{3}{2} I^2 U^2 \quad (2.27)$$

$$\varepsilon_{inlet} = \rho c_\mu \frac{k^2}{\mu_t} \quad (2.28)$$

$$\mu_t = 1000 I \mu \quad (2.29)$$

Aliran inlet k dan ε melibatkan *advection* dan *diffusion*.

$$Q_{inlet}^k = Q_{advec}^k + Q_{diffus}^k$$

$$Q_{inlet}^\square = Q_{advec}^\square + Q_{diffus}^\square \quad (2.30)$$

Aliran *advection* dievaluasi menggunakan perhitungan nilai inlet k dan ε ,

Asumsi aliran difusi diabaikan dan dibandingkan terhadap *advection* dan mendekati nol.

b. Outlet (subsonic)

- Tekanan statis uniform
Tekanan statis relatif pada *outlet boundary* didapat sebagai berikut :

$$P_{statisoutlet} = P_{spec} \quad (2.31)$$

- Normal speed out
Magnitudo kecepatan pada *outlet* ditentukan dan arah diambil normal terhadap *boundary* pada resolusi mesh
- Komponen kecepatan cartesian
Komponen kecepatan *boundary* ditetapkan dengan *non-zero resultant* kedalam domain :

$$U_{inlet} = U_{spec}j + W_{spec}k \quad (2.32)$$

- Tekanan statis rata-rata
Outlet relative static pressure persamaannya adalah :

$$P_{ave} = \frac{1}{A} \int_s P dA \quad (2.33)$$

- *Mass flow rate out*
Distribusi massa didaerah *outlet* ditentukan oleh aliran total massa yang dinyatakan dalam persamaan :

$$m = \dot{\rho} A F \quad (2.34)$$

Dimana nilai F sebagai berikut :

$$F = \frac{\dot{m}_{tot}}{\sum_{all} \rho A U} \quad (2.35)$$

$$\dot{m}_{tot} = \sum_{all} \dot{m} \quad (2.36)$$

Biasanya F lebih besar atau kurang dari unity

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan mendesain bentuk kapal selam mini menggunakan software SolidWork 2014. Pemodelan kapal selam menggunakan software SolidWork 2014 akan memudahkan dalam sketsa dan menentukan dimensi kapal selam tanpa awak ini.

Dalam penelitian ini dibuat dua pemodelan, yaitu AUV Segorogeni dan AUV Militus. Dari kedua AUV tersebut mempunyai dimensi yang berbeda. Maksud dari perbedaan tersebut adalah adanya misi yang berbeda dari kedua AUV tersebut.

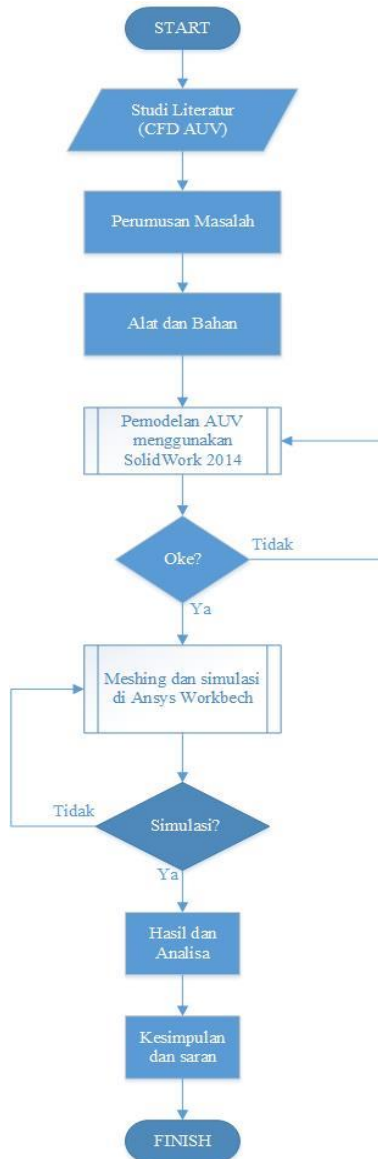
Misi dari AUV Segorogeni adalah dapat menyelam sampai kedalaman 4 meter dan melakukan monitoring atau pengintaian terhadap objek yang telah ditentukan. Sedangkan misi dari AUV militus adalah dapat menyelam hingga kedalaman 100 meter kemudian muncul dipermukaan lalu dijadikan sebagai tempat lepas landas dan mendarat sebuah UAV (Unmanned Aerial Vehicle). Selain itu misi dari AUV Militus sama seperti AUV Segorogeni yaitu melakukan monitoring atau pengintaian terhadap suatu objek.

Adapun langkah-langkah umum yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Melakukan studi literatur berdasarkan jurnal ilmiah, buku teks serta penelitian sebelumnya dalam bentuk tugas akhir.
2. Perumusan masalah, alat dan bahan.
3. Membuat model kapal selam mini (AUV) menggunakan software SolidWork 2014
4. Melakukan meshing geometri dan simulasi aliran di *body* - AUV dengan menggunakan Ansys Fluent
5. Menganalisa hasil yang didapatkan dari simulasi

6. Mengambil kesimpulan berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan

3.1 Diagram alir umum



Gambar 3.1 Diagram alir umum

3.1.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan guna mendapatkan dasar teori yang menunjang tema tugas akhir ini dengan cara mencari referensi berupa jurnal, desetasi, thesis, skripsi, tugas akhir dan makalah yang berhubungan dengan CFD.

3.1.2 Perumusan Masalah

Seperti yang telah dijelaskan di bab pendahuluan bahwa rumusan masalah dari tugas akhir ini adalah analisan aliran fluida pada *body* AUV Segorogeni dan AUV Militus.

3.1.3 Alat dan Bahan

- a. *Personal Computer core i7, RAM 8Gb*
- b. *SolidWork 2014*
- c. *Ansys Workbench 2015*

3.1.3 Pemodelan AUV Menggunakan SolidWork 2014

Penjelasan mengenai pemodelan ini akan dijelaskan di diagram alir pemodelan AUV yaitu pada point 3.2.

3.1.4 Decision Box

Decision Box ini untuk mengetahui apakah pemodelan design dari kedua AUV sudah sesuai dengan kriteria dan kegunaan yang telah ditentukan.

3.1.5 Meshing dan Simulasi di Ansys Workbench

Penjelasan mengenai hal ini akan dijelaskan kemudian pada point 3.3.

3.1.6 Decision Box Simulasi

Simulasi bisa dikatakan berhasil apabila tidak ada *errors* saat dilakukan perhitungan. Konvergensi tercapai.

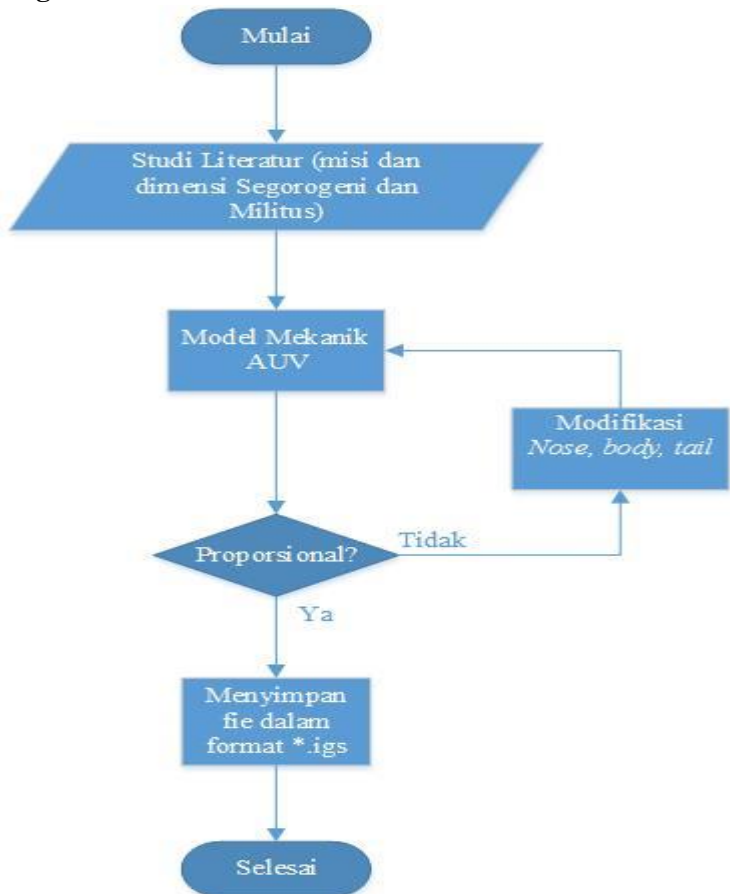
3.1.7 Hasil dan analisa

Menjelaskan hasil dan analisa setelah dilakukan simulasi dari AUV Segorogeni dan AUV Militus.

3.1.8 Kesimpulan dan Saran

Berisi mengenai kesimpulan dna saran mengenai tugas akhir ini.

3.2 Diagram Alir Sub-Proses Pemodelan AUV

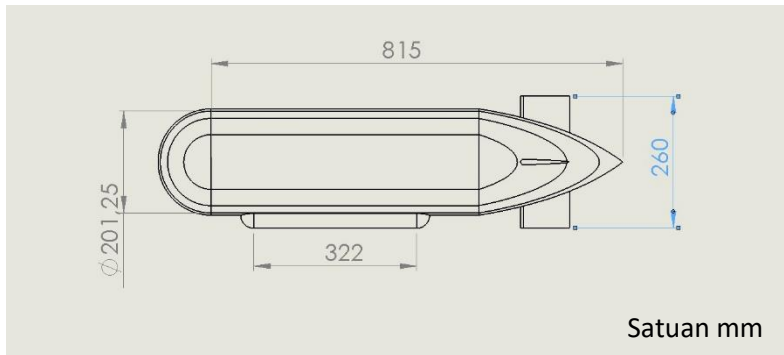


Gambar 3.2 Diagram alir sub-proses pemodelan AUV

3.2.1 Studi Literatur Misi dan Dimensi AUV Segorogeni dan AUV Militus

a. Misi dan Dimensi AUV Segorogeni

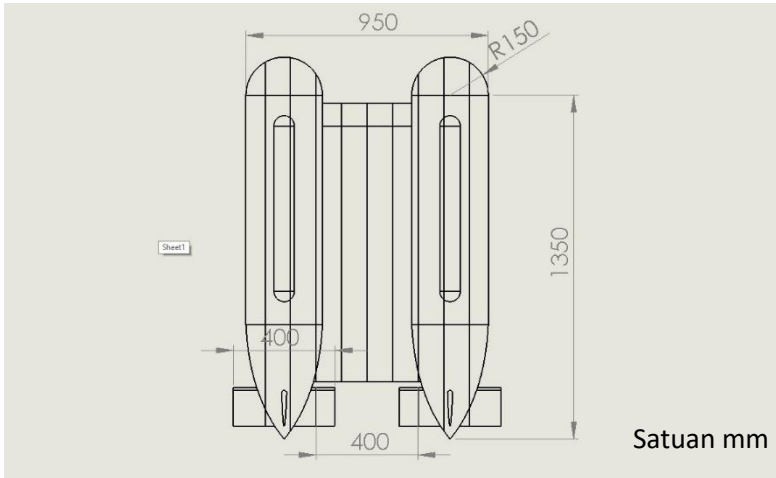
Misi dari AUV Segorogeni adalah sebagai mata-mata karena AUV ini dilengkapi kamera di bagian depannya. Wahana bawah air mampu menyelam hingga kedalaman 4 meter dengan menggunakan *passive ballast*.



Gambar 3.3 Dimensi AUV Segorogeni

b. Misi dan Dimensi AUV Militus

wahana bawah air ini mempunyai misi sebagai mata-mata. Selain itu wahana ini bisa menyimpan sebuah *quad copter* yang kemudian terbang pada titik koordinat tertentu. AUV Militus dapat menyelam hingga 100 meter dengan menggunakan *active ballast*.

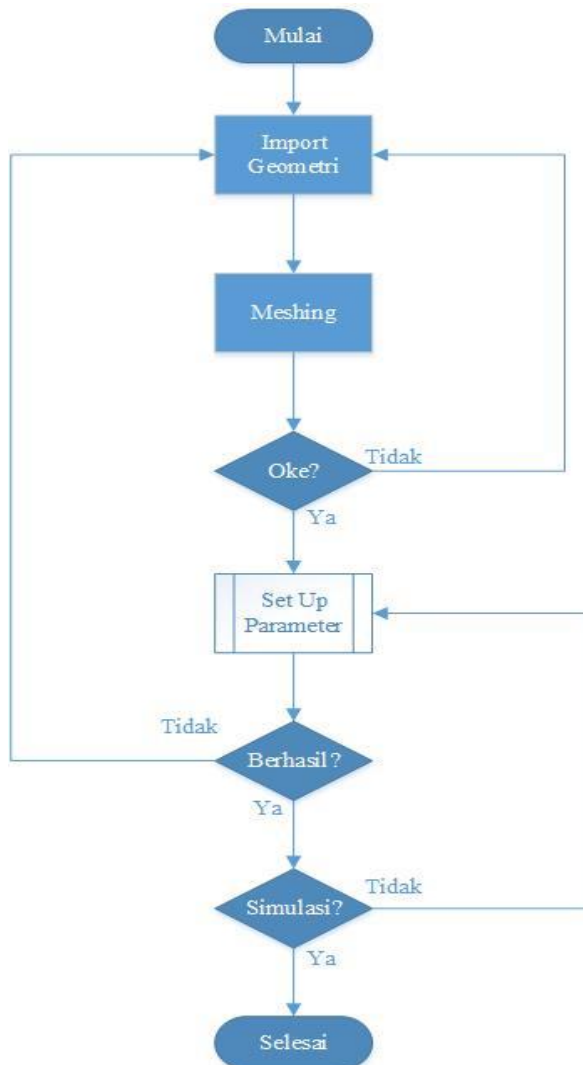


Gambar 3.4 Dimensi AUV Militus

3.2.2 Decision Box

Dari misi yang telah ditentukan sebelumnya maka dilakukan penggambaran geometri AUV. Proporsional dilihat dari bentuk dan misi yang akan dijalankan. Jika penggambaran geometri dirasa belum proporsional maka dilakukan perubahan dimensi dari geometri tersebut tapi tanpa merubah misi dari wahana bawah air ini.

3.3 Diagram Alir Sub-Proses Ansys Workbench



Gambar 3.5 Diagram alir sub-proses ansys worbench

3.3.1 Decision Box

Langkah dari *Decision Box* ini bisa dilanjutkan ke proses berikutnya apabila *meshing* berhasil dilakukan. Biasanya *meshing* tidak dapat dilakukan karena ada kesalahan dalam pembentukan geometri. Untuk kasus wahana bawah air ini digunakan *interval meshing 0.5* karena terbatasnya kemampuan pada komputer yang digunakan.

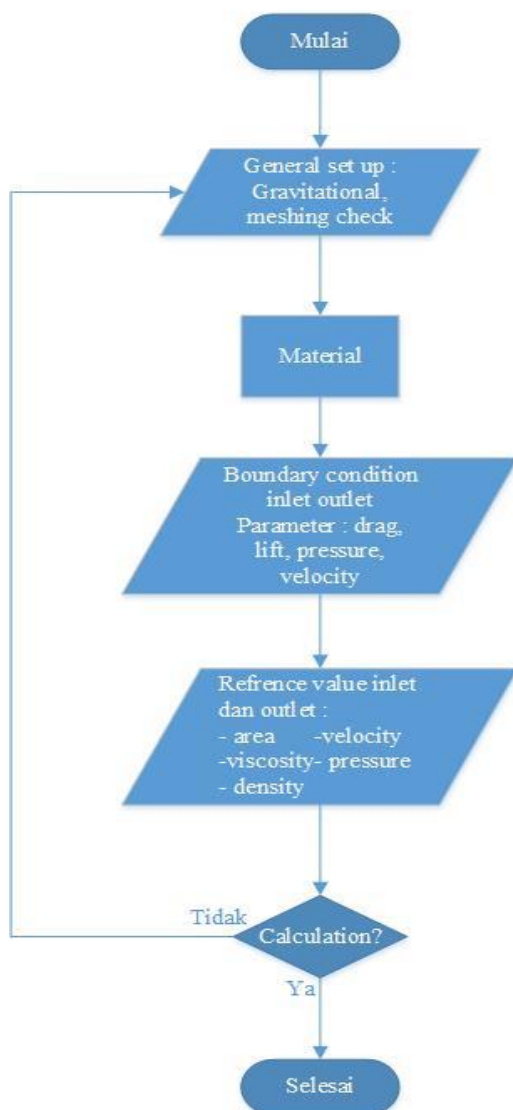
3.3.2 Decision Box Berhasil

Kadang kala dalam melakukan *set-up parameter* ada beberapa *error* yang terjadi. Hal ini dipengaruhi oleh langkah sebelumnya. Maka dari itu ketika dinyatakan tidak berhasil, proses ini kembali pada *import geometry*.

3.3.3 Decision Box Simulasi

Simulasi dikatakan berhasil ketika tidak ada *error* dalam proses perhitungan. Konvergensi tercapai.

3.4 Diagram Alir Sub-Proses Set Up Paramater



Gambar 3.6 Diagram alir sub-proses set up parameter

3.4.1 *Boundary Condition*

Tekanan pada AUV Segorogeni mencapai 143.569 Pa. Tekanan pada AUV Militus mencapai 1.150.225 Pa. Kecepatan wahana bawah air ini dari 5 m/s (Segorogeni) hingga 10 m/s (militus).

3.4.2 *Decision Box Calculation*

Perhitungan dikatakan berhasil ketika tidak ada *error* dalam proses perhitungan. Konvergensi tercapai.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada Tugas Akhir ini pengamatan dilakukan pada bagian bodi dari AUV Segorogeni dan AUV Militus. Bentuk bodi AUV Segorogeni dan AUV Militus dilakukan analisa 3 dimensi dengan pengujian menggunakan software Fluent 2015, untuk mendapatkan contour of pressure, vector of velocity, streamline of velocity, drag coefficient (Cd), lift coefficient (Cl). Sehingga nantinya dapat dilakukan perumusan platform sistem kendali dari AUV ini

4.1 Iteration and Running Time

Dengan interval mesh 0.5 dan kriteria konvergensi 10^{-6} , untuk mencapai konvergensi ada 135 jumlah iterasi dan membutuhkan waktu untuk running 1 jam 32 menit untuk AUV Segorogeni.

Dengan interval mesh 0.5 dan kriteria konvergensi 10^{-6} , untuk mencapai konvergensi ada 309 jumlah iterasi dan membutuhkan waktu untuk running 4 jam 50 menit untuk AUV

No	Nama AUV	Jumlah iterasi	Kovergensi
1	AUV Segorogeni	217	135
2	AUV Militus	450	309

Militus.

Tabel 4.1 Hasil Iterasi

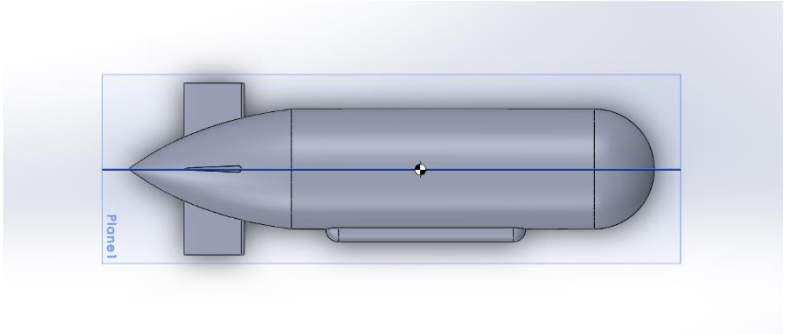
4.2 Pusat Massa AUV Segorogeni dan Militus

Dalam mendesain AUV ini diharapkan pusat massa dari kedua AUV ini bisa membantu dalam perumusan platform sistem kendali AUV. Apabila pusat massa berada terlalu ke

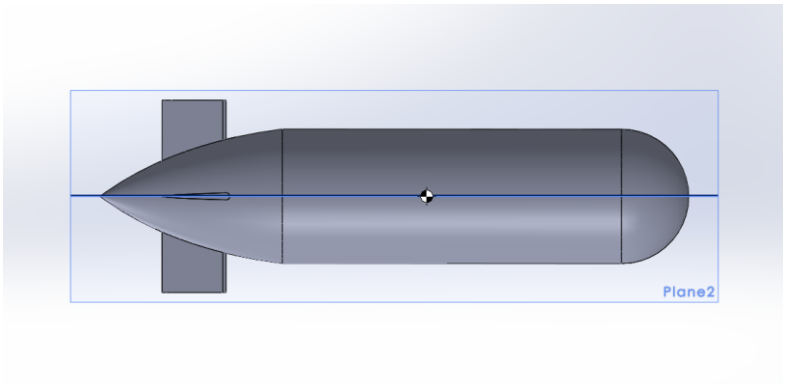
depan atau terlalu ke belakang maka hal ini akan mempersulit sistem kendali dari AUV. Berikut adalah hasil pusat massa dari AUV Segorogeni dan AUV Militus.

a. AUV Segorogeni

Berdasarkan perhitungan di dalam SolidWork di dapat pusat massa $x=1.22$ mm, $y=124.88$ mm, $z=304.60$ mm



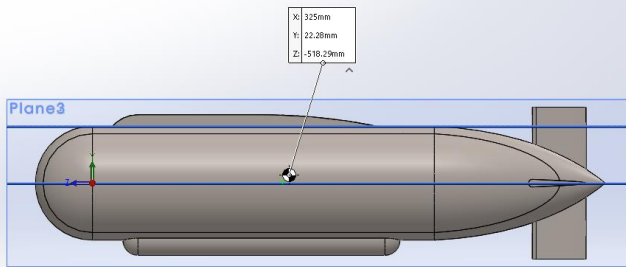
Gambar 4.1 Pusat Massa Segorogeni Tampak Samping



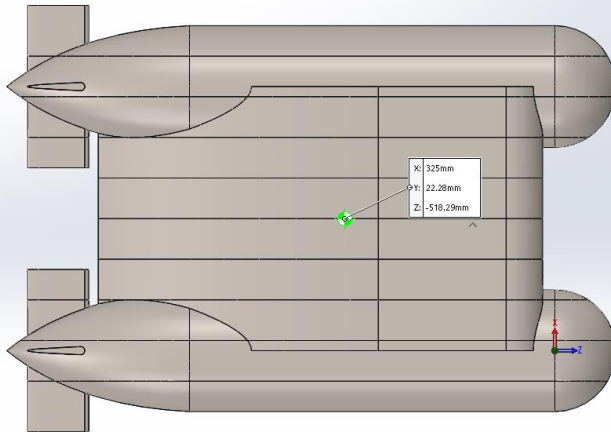
Gambar 4.2 Pusat Massa Segorogeni Tampak Atas

b. AUV Militus

Berdasarkan perhitungan di dalam SolidWork di dapat pusat massa $x=325$ mm, $y=222.28$ mm, $z=518.29$ mm



Gambar 4.3 Pusat Massa Militus Tampak Samping



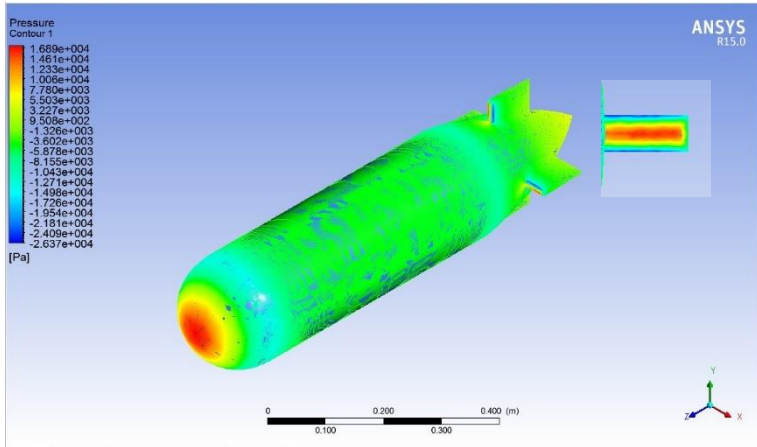
Gambar 4.4 Pusat Massa Militus Tampak Atas

4.3 Analisa Medan Aliran 3 Dimensi pada AUV Segorogeni dan AUV Militus

Seperti yang telah disebutkan diatas bahwa analisa medan aliran 3 dimensi pada AUV Segorogeni dan AUV Militus untuk mendapatkan contour of pressure, vector of velocity, streamline of velocity, nilai drag coeffisien (Cd), nilai lift coeffisien (Cl).

4.3.1 Countur of Pressure AUV Segorogeni dan AUV Militus

a. Countur Pressure AUV Segorogeni



Gambar 4.5 Contour of Pressure AUV Segorogeni Isometri dan Fin

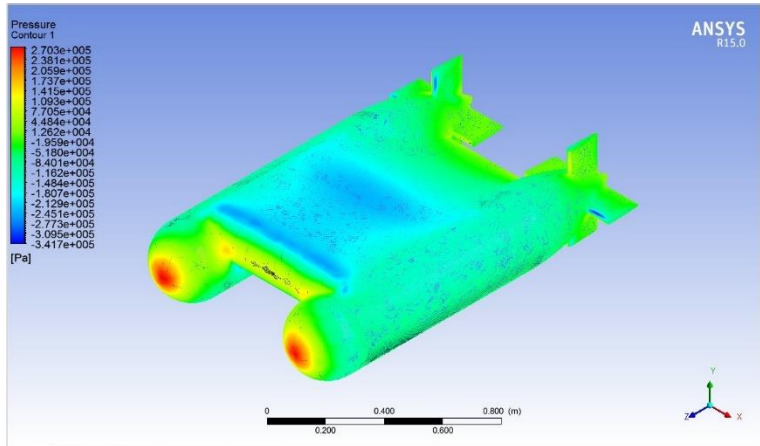
Percepatan aliran di bagian depan nose lebih besar dari pada bagian tengah dari nose. Hal ini menyebabkan perubahan tekanan yang sangat signifikan. Menurut gambar 4.3 nilai dari bagian paling depan nose adalah 1.689×10^4 Pa. Sementara itu bagian tengah nose berwarna kuning hingga hijau dengan nilai 5.503×10^3 Pa hingga -3.062×10^3 nilai minus menunjukkan bahwa aliran mulai meninggalkan atau terlepas dari kontur body.

Percepatan aliran dibagian depan fin juga lebih besar sehingga nilai tekanan sama seperti nilai tekanan pada bagian depan nose. Nilai tekanan yang minus juga terjadi pada bagian samping fin dikarenakan aliran mulai meninggalkan atau terlepas dari kontur body fin.

Untuk bagian body hingga tail nilai tekanan tidak sebesar pada bagian depan nose dan bagian depan fin.

Seperti yang telah dijelaskan diatas hal ini terjadi karena aliran mulai meninggalkan kontur body AUV Segorogeni. Dari gambar 4.3 diketahui bahwa tekanan yang paling besar bernilai 1.689×10^4 dan paling rendah bernilai -2.637×10^4

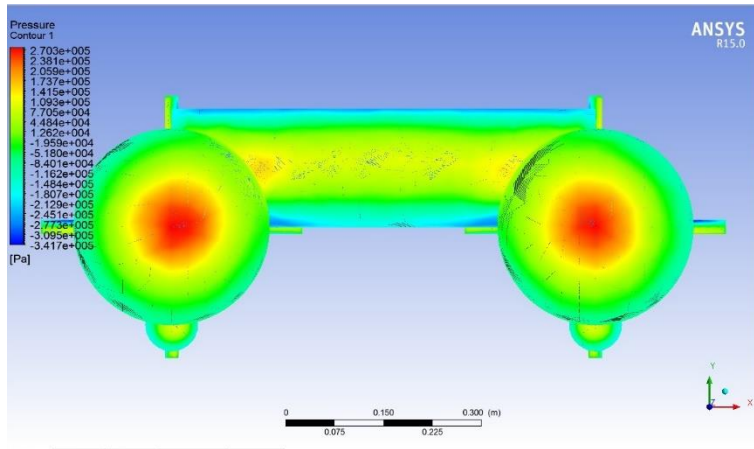
b. Contour Pressure AUV Militus



Gambar 4.6 Cotour of Pressure AUV Militus

AUV Militus ini mempunyai tugas yang berbeda dengan AUV Segorogeni. Salah satu spesifikasi dari AUV Militus ini adalah mampu menyelam hingga kedalaman 100 m.

Melihat hasil dari gambar 4.4 tidak ada perbedaan yang cukup signifikan bila dibandingkn dengan AUV militus. Tekanan yang paling besar adalah tekanan di depan nose yaitu bernilai 2.703×10^5 Pa.

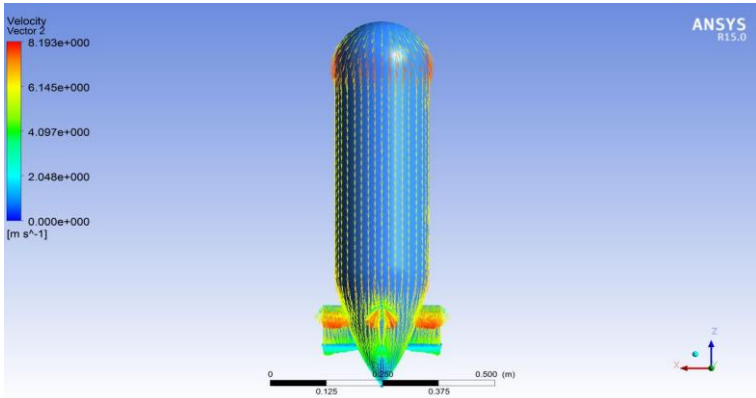


Gambar 4.7 AUV militus tampak depan

Pada bagian tengah nose hingga pada akhir nose nilai tekanan akan menurun. Hal ini disebabkan aliran yang mulai meninggalkan body. Hal ini juga terjadi pada bagian H-Bridge dari AUV militus. Bagian paling depan dari H-Bridge bernilai sama seperti bagian tengah dari nose yaitu 1.415×10^5 Pa. Karena bentuknya yang sangat berbeda dengan AUV Segorogeni maka bagian fin yang paling depan yang berada di bagian luar saja mempunyai tekanan yang paling besar daripada fin yang lainnya. Dari countour of pressure ini di peroleh bahwa tekanan yang paling besar bernilai 2.703×10^5 Pa dan paling rendah bernilai -3.417×10^5 Pa.

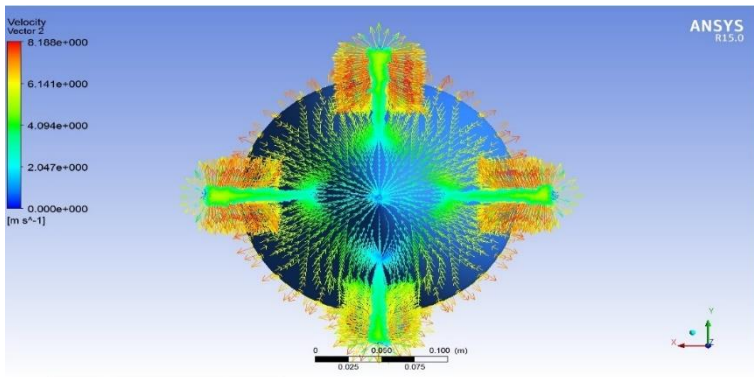
4.3.2 Vector of Velocity AUV Segorogeni dan AUV Militus

a. Vector of Velocity AUV Segorogeni



Gambar 4.8 vector of velocity

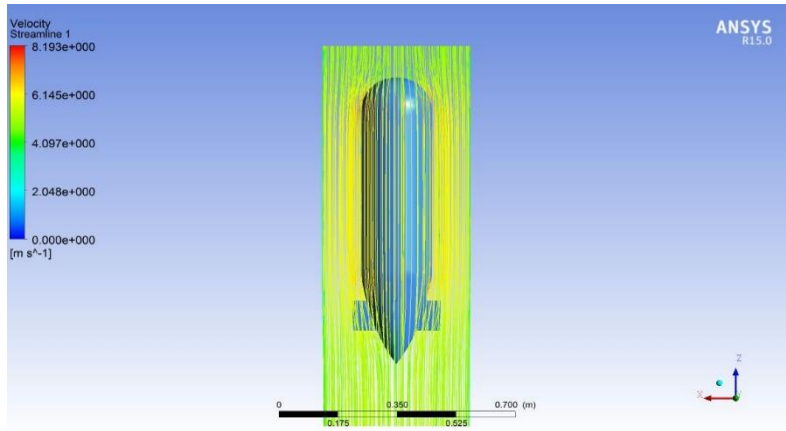
Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa bagian belakang AUV Segorogeni terjadi *wake*. Peristiwa ini terjadi merata pada bagian kanan kiri, atas bawah, dan belakang (*tail*) AUV segorogeni. Dari data simulasi yang di dapatkan kecepatan terendah hingga kecepatan tertinggi yaitu 0 m/s hingga 8.188 m/s.



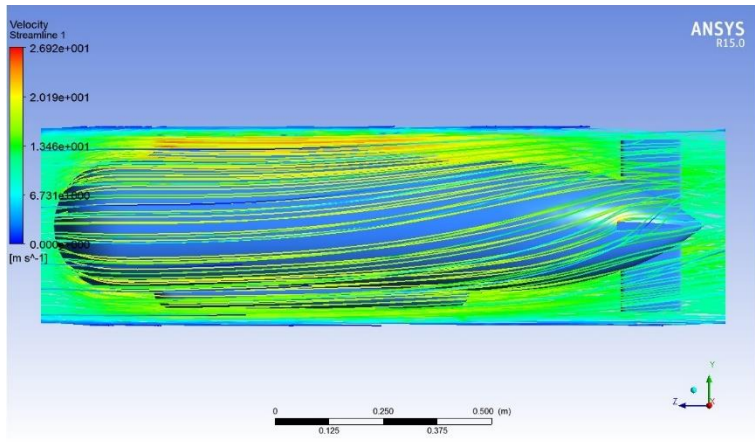
Gambar 4.9 *wake* pada bagian belakang

Aliran sebagian besar terdefleksikan ke arah *sidebody*.
untuk mengetahui peristiwa ini penulis akan cantumkan

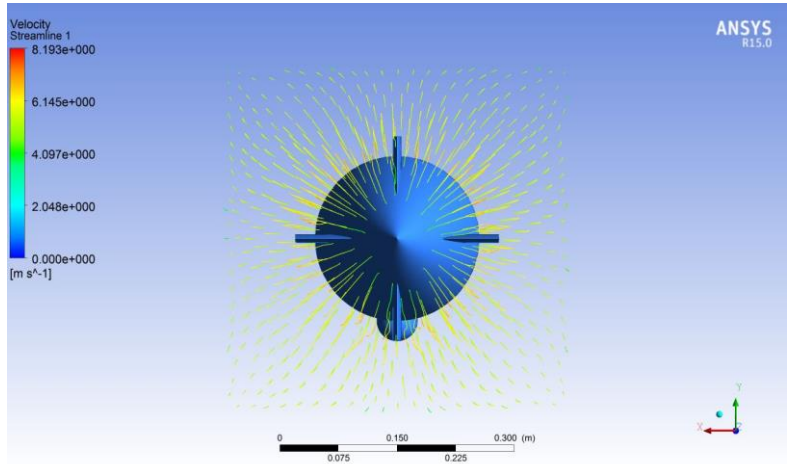
visualisasi *Streamline* aliran yang melintasi bodi AUV Segorogeni.



Gambar 4.10 streamline tampak atas

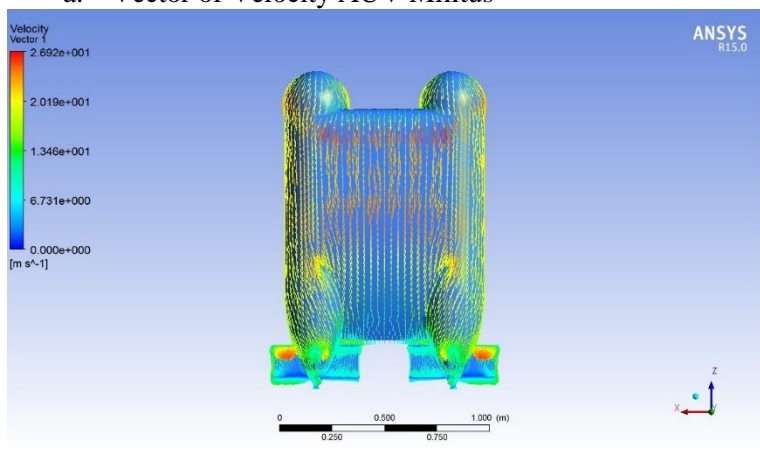


Gambar 4.11 streamline tampak samping



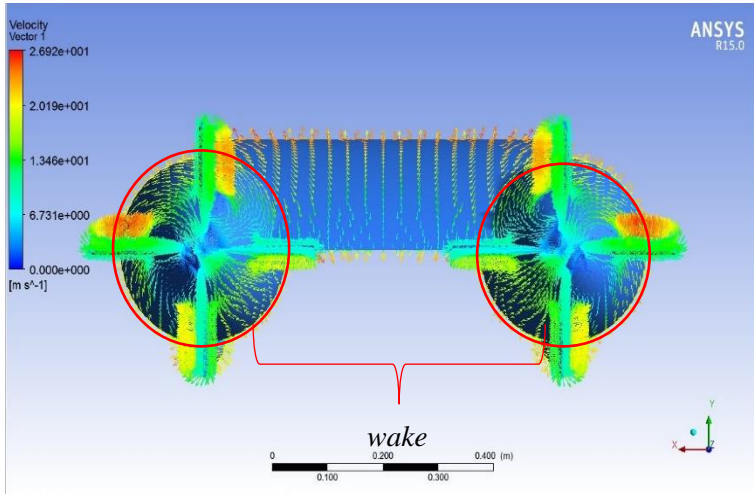
Gambar 4.12 streamline tampak belakang

a. Vector of Velocity AUV Militus



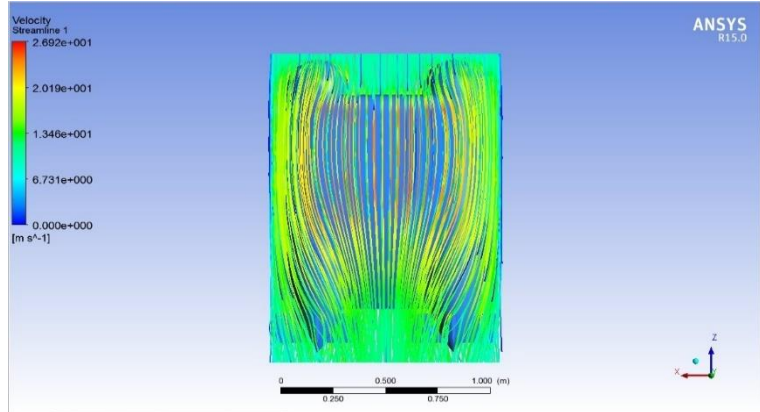
Gambar 4.13 Vector of velocity AUV Militus

Seperti halnya AUV Segorogeni, peristiwa *wake* juga terjadi pada AUV Militus. Peristiwa ini terjadi secara simetris dibagian belakang AUV. Dari data simulasi yang didapat kecepatan aliran terendah hingga tertinggi untuk kasuk AUV Militus adalah 0 m/s hingga 26.9 m/s.

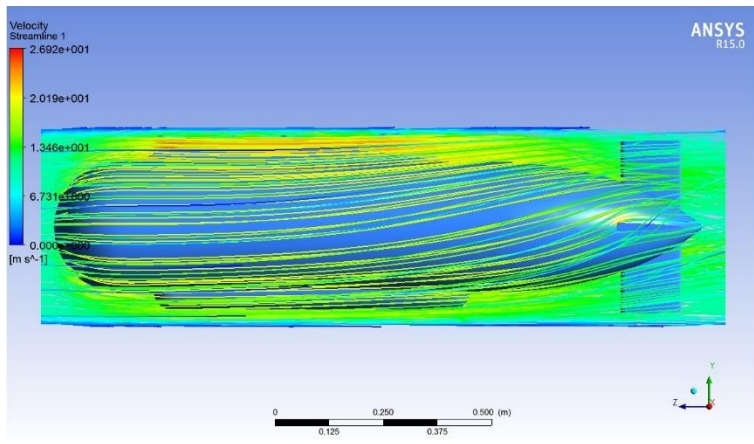


Gambar 4.14 *wake* pada bagian belakang

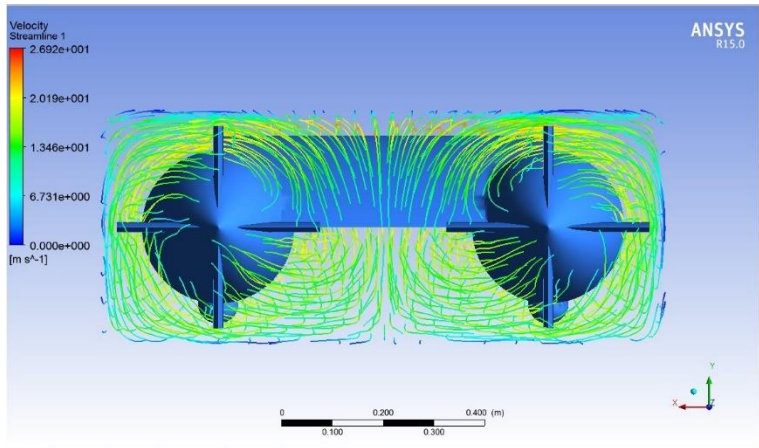
Aliran sebagian besar terdefleksikan ke arah *sidebody*.
untuk mengetahui peristiwa ini penulis akan cantumkan visualisasi *Streamline* aliran yang melintasi bodi AUV Militus.



Gambar 4.15 streamline tampak atas



Gambar 4.16 Streamline tampak samping



Gambar 4.17 Streamline tampak belakang

4.3.3 Perhitungan *Drag Coefficient* dan *Lift Coefficient*

a. AUV Segorogeni

Sebelum menentukan gaya drag maupun gaya lift perlu adanya data referensi dalam perhitungan gaya aerodinamika yang terjadi, yaitu dengan cara pengambilan data ulang dari hasil iterasi awal yang telah dilakukan.

Seperti yang telah disebutkan diatas bahwa untuk AUV Segorogeni dibutuhkan 133 iterasi. Dari hasil tersebut didapat bahwa AUV Segorogeni mempunyai $F_d = 5929.9625 \text{ kg.m/s}^2$.

Gaya *drag* yang dihasilkan oleh suatu kendaraan dipengaruhi oleh beberapa factor antara lain: *density*, kecepatan udara yang melintasi kendaraan, luas frontal dan koefisien *drag*. Hal ini sesuai dengan persamaan berikut ini:

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \cdot A_f}$$

Dimana :

F_D = Gaya *drag* (kg.m/s²)

V = Kecepatan aliran (m/s)

A_f = Luas frontal (lebar x tinggi mobil) (m²)

ρ = Densitas 1,2250 (kg/ m³)

Contoh Perhitungan C_D :

$$C_D = \frac{5929.9625}{\frac{1}{2} \times 1070 \times 5^2 \times 1}$$

$$C_D = \frac{5929.9625}{13375}$$

$$C_D = 0.4697$$

Untuk perhitungan *lift coefficient* dilakukan hal yang sama setelah dilakukan iterasi maka di dapat $F_L = 5828.825 \text{ kg.m/s}^2$

$$C_l = \frac{F_l}{\frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \cdot A_f}$$

Dimana :

F_l = Gaya lift (kg.m/s²)

V = Kecepatan aliran udara bebas (m/s)

A_f = Luas frontal (lebar x tinggi mobil) (m²)

ρ = Densitas 1,2250 (kg/ m³)

Contoh Perhitungan C_l :

$$C_l = \frac{5828.825}{\frac{1}{2} \times 1070 \times 5^2 \times 1}$$

$$C_l = \frac{5828.825}{13375}$$

$$C_l = 0.4358$$

Wahana bawah air ini diharapkan mempunyai koefisien *drag* yang rendah karena mempengaruhi besar kecilnya gaya *drag* yang diterima oleh wahana bawah air ini.

b. AUV Militus

Perhitungan yang sama juga dilakukan dengan data yang di dapat pada hasil iterasi AUV Militus. Setelah dilakukan 309 iterasi maka di dapat $F_d = 12010.75 \text{ kg.m/s}^2$

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \cdot A_f}$$

$$C_D = \frac{12010.75}{\frac{1}{2} \times 1070 \times 10^2 \times 1}$$

$$C_D = 0.2245$$

$$C_l = \frac{F_l}{\frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \cdot A_f}$$

$$C_l = \frac{10812.35}{\frac{1}{2} \times 1070 \times 10^2 \times 1}$$

$$C_l = 0.2021$$

Wahana bawah air ini diharapkan mempunyai koefisien *lift* yang rendah karena mempengaruhi besar kecilnya gaya *lift* yang diterima oleh wahana bawah air ini. Dikutip dari penelitian yang dilakukan oleh Laboratorium AUV Harbin Engineering University nilai dari C_d dan C_l yang sangat dianjurkan untuk mendapatkan sistem kendali yang baik adalah 0.2-0.6

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan mengenai simulasi geometri untuk kasus AUV Segorogeni dan AUV Militus maka didapat kesimpulan dibawah ini :

- Pusat massa AUV Segorogeni adalah $x= 1.22 \text{ mm}$, $y=124.88 \text{ mm}$, $z= 304.60 \text{ mm}$.
- C_d untuk AUV Segorogeni pada kecepatan 5 m/s adalah 0.4697 .
- C_l untuk AUV Segorogeni pada kecepatan 5 m/s adalah 0.4358 .
- Pusat massa AUV Militus adalah $x= 325 \text{ mm}$, $y= 222.28 \text{ mm}$, $z= 518.29 \text{ mm}$.
- C_d untuk AUV Militus pada kecepatan 10 m/s adalah 0.2245 .
- C_l untuk AUV Militus pada kecepatan 10 m/s adalah 0.2021

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan dengan *software fluid dynamic*, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan agar menjadi saran atau acuan untuk penelitian selanjutnya.

1. Mampu membuat simulasi dengan adanya propeler atau *thruster* sehingga fenomena aliran (turbulensi, laminasi) dapat diketahui
2. Membandingkan hasil *experimental* dengan hasil simulasi dengan *software fluid dynamic*.

Dengan hasil analisa profil geometri yang telah didapat diharapkan dilakukan penelitian mengenai sistem kendali dari AUV Segorogeni dan AUV Militus.

DAFTAR PUSTAKA

Anderson John D. JR. 1988. *Fundamentals of aerodynamics*: International Edition. Singapore: McGraw-hill Book Co.

Khairul, Septian, 2010. Boundary layer,
<http://septiankmasdi.files.wordpress.com/> diakses pada tanggal 13 Mei 2016

M. Olson, Reuben, Steven J. Wright. 1993. Dasar-Dasar Mekanika Fluida Teknik : Edisi Kelima. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Nashruddin, Ahmad Haidar. 2012. Studi Numerik Karakteristik Aliran 3 Dimensi di Sekitar Bodi Modifikasi Sapuangan *Urban Concept* dengan Rasio *Ground Clearance* terhadap Panjang Model (C/L) 0,048. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Pritchard, Philip J., Fox and McDonald's. 2011. *Introduction of fluid mechanics: Eight edition*. USA: John Wiley & Sons, Inc.

Setiawan, Agus. 2007. Rancang Bangun Prototipe Kapal Selam Tanpa Awak (ITS AUV-01) Dengan Aplikasi Ilmu, *Compas, GPS Module*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Ibrohim, Fariz. 2011. Pengembangan Algoritma Deteksi Benda dalam Air Dengan Metode Pengolahan Citra Pada AUV (*Autonomous Underwater Vehicle*). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Stevenson P. 2013. *AUV shapes - Combining the Practical and Hydrodynamic Considerations*. Southampton: National Oceanography Centre, Empress Dock.

Hang S. Choi. 2010. *Estimation of Hydrodynamic Coefficients for an AUV Using Nonlinear Observers*. Seoul : Department of Naval Architecture & Ocean Engineering, Seoul National University.

Timothy W, McLain. 2011. *Experiments in the Hydrodynamic Modeling of an Underwater Manipulator*. Stanford : Department of Aeronautics and Astronautics Stanford University.

Masahiko, Nakamura. 2013. *Hydrodynamic Coefficients and Motion Simulations of Underwater Glider for Virtual Mooring*. Kasuga, Fukuoka : Kyushu University

LAMPIRAN

Lampiran 1 : Hasil Iterasi AUV Segorogeni

...
Connection to the license server has been lost for 5 minutes.									
118	1.3909e-03	2.3886e-05	2.2614e-05	9.1278e-05	9.2657e-04	9.7483e-04	0:24:40	99	
Connection to the license server has been lost for 7 minutes.									
119	1.3602e-03	2.3150e-05	2.1979e-05	8.8807e-05	9.0898e-04	9.4955e-04	0:24:26	98	
Connection to the license server has been lost for 10 minutes.									
120	1.3288e-03	2.2498e-05	2.1379e-05	8.6438e-05	8.9216e-04	9.2073e-04	0:23:53	97	
Connection to the license server has been lost for 13 minutes.									
121	1.2972e-03	2.1853e-05	2.0795e-05	8.4109e-05	8.7504e-04	8.8826e-04	0:23:42	96	
Connection to the license server has been lost for 16 minutes.									
iter continuity x-velocity y-velocity z-velocity k epsilon time/iter									
122	1.2693e-03	2.1259e-05	2.0235e-05	8.1877e-05	8.5961e-04	8.5263e-04	0:23:31	95	
Connection to the license server has been lost for 18 minutes.									
123	1.2424e-03	2.0693e-05	1.9691e-05	7.9692e-05	8.4429e-04	8.1477e-04	0:23:19	94	
Connection to the license server has been lost for 21 minutes.									
124	1.2195e-03	2.0142e-05	1.9165e-05	7.7586e-05	8.3080e-04	7.7652e-04	0:23:06	93	
125	1.1993e-03	1.9627e-05	1.8678e-05	7.5614e-05	8.1614e-04	7.3841e-04	0:22:53	92	
Connection to the license server has been lost for 5 minutes.									
126	1.1796e-03	1.9126e-05	1.8235e-05	7.3599e-05	8.0346e-04	7.0163e-04	0:22:58	91	
Connection to the license server has been lost for 8 minutes.									
127	1.1590e-03	1.8635e-05	1.7822e-05	7.1072e-05	7.9118e-04	6.6868e-04	0:22:40	90	
Connection to the license server has been lost for 11 minutes.									
128	1.1393e-03	1.8154e-05	1.7418e-05	6.9808e-05	7.8094e-04	6.4145e-04	0:22:23	89	
Connection to the license server has been lost for 14 minutes.									
129	1.1145e-03	1.7716e-05	1.7018e-05	6.7949e-05	7.7110e-04	6.1903e-04	0:22:06	88	
Connection to the license server has been lost for 17 minutes.									
130	1.0901e-03	1.7272e-05	1.6618e-05	6.6183e-05	7.6280e-04	6.0079e-04	0:21:50	87	
Connection to the license server has been lost for 20 minutes.									
131	1.0661e-03	1.6849e-05	1.6233e-05	6.4485e-05	7.5480e-04	5.8717e-04	0:21:34	86	
Connection to the license server has been lost for 23 minutes.									
132	1.0428e-03	1.6449e-05	1.5841e-05	6.2865e-05	7.4837e-04	5.7671e-04	0:21:18	85	
iter continuity x-velocity y-velocity z-velocity k epsilon time/iter									
133	1.0215e-03	1.6094e-05	1.5481e-05	6.1279e-05	7.4136e-04	5.6817e-04	0:21:02	84	
Connection to the license server has been lost for 6 minutes.									
134	1.0010e-03	1.5729e-05	1.5117e-05	5.9715e-05	7.3550e-04	5.6050e-04	0:21:04	83	
Connection to the license server has been lost for 9 minutes.									
! 135 solution is converged									
135	9.8282e-04	1.5378e-05	1.4793e-05	5.8199e-05	7.2952e-04	5.5362e-04	0:20:45	82	

Lampiran 2 : Hasil Iterasi AUV Militus

```

turbulent viscosity limited to viscosity ratio of 1.000000e+05 in 4 cells
299 6.5486e-04 3.0622e-05 2.9237e-05 3.9345e-05 7.4073e-04 1.1506e-03 0:41:59 51

turbulent viscosity limited to viscosity ratio of 1.000000e+05 in 4 cells
300 6.4981e-04 3.0448e-05 2.8917e-05 3.8931e-05 7.3309e-04 1.1413e-03 0:40:56 50

turbulent viscosity limited to viscosity ratio of 1.000000e+05 in 4 cells
301 6.4438e-04 3.0205e-05 2.8605e-05 3.8513e-05 7.3576e-04 1.1516e-03 0:40:06 49

turbulent viscosity limited to viscosity ratio of 1.000000e+05 in 4 cells
302 6.3931e-04 2.9927e-05 2.8323e-05 3.8124e-05 7.2941e-04 1.1358e-03 0:39:16 48
Connection to the license server has been lost for 8 minutes.

turbulent viscosity limited to viscosity ratio of 1.000000e+05 in 4 cells
303 6.3425e-04 2.9610e-05 2.7973e-05 3.7732e-05 7.2247e-04 1.1158e-03 0:38:35 47

turbulent viscosity limited to viscosity ratio of 1.000000e+05 in 4 cells
304 6.2831e-04 2.9272e-05 2.7658e-05 3.7380e-05 7.1487e-04 1.0947e-03 0:37:44 46
Connection to the license server has been lost for 7 minutes.

turbulent viscosity limited to viscosity ratio of 1.000000e+05 in 4 cells
305 6.2326e-04 2.8936e-05 2.7313e-05 3.7012e-05 7.0714e-04 1.0717e-03 0:36:52 45

turbulent viscosity limited to viscosity ratio of 1.000000e+05 in 4 cells
306 6.1733e-04 2.8592e-05 2.7029e-05 3.6648e-05 6.9638e-04 1.0478e-03 0:36:11 44

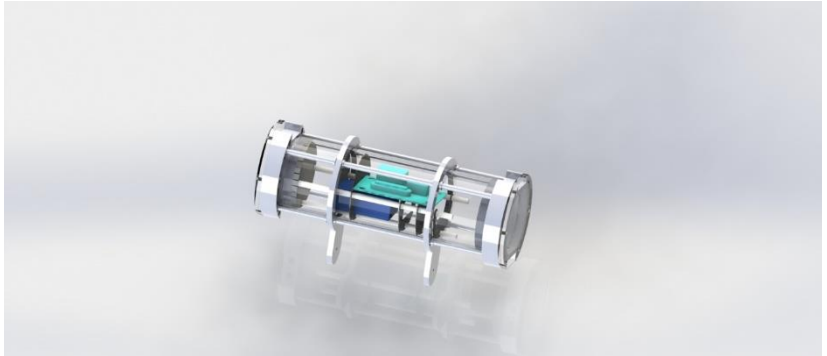
turbulent viscosity limited to viscosity ratio of 1.000000e+05 in 4 cells
307 6.1095e-04 2.8240e-05 2.6716e-05 3.6274e-05 6.8396e-04 1.0278e-03 0:35:18 43

turbulent viscosity limited to viscosity ratio of 1.000000e+05 in 4 cells
308 6.0565e-04 2.7908e-05 2.6451e-05 3.5896e-05 6.7138e-04 1.0071e-03 0:34:27 42

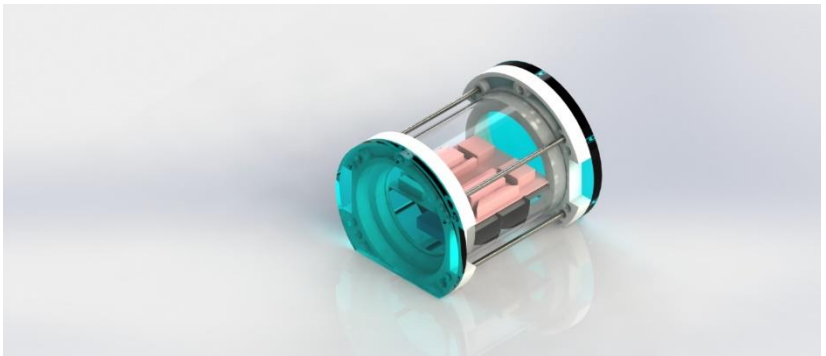
turbulent viscosity limited to viscosity ratio of 1.000000e+05 in 4 cells
iter continuity x-velocity y-velocity z-velocity k epsilon time/iter
! 309 solution is converged

```

Lampiran 3 : Controller Box AUV Segorogeni



Lampiran 4 : Controller Box AUV Militus



BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama Ahadiyat Luhung Jati. Dilahirkan di Kabupaten Sumenep pada tanggal 14 Juni 1995. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Ayahanda penulis bernama Sutrisno dan Ibunda penulis bernama Sri Ernawati. Penulis memulai pendidikannya di TK Bhayangkara Kota Sumenep pada tahun 2000, kemudian pada umur 7 tahun bersekolah di SDN Pabian IV

Sumenep. Tepat pada umur 12 tahun penulis melanjutkan pendidikannya di SMP Negeri 1 Sumenep. Selanjutnya Penulis melanjutkan pendidikannya di SMA Negeri 1 Sumenep. Pada tahun 2013 penulis lulus dari SMA Negeri 1 Sumenep dan melanjutkan pendidikan di D3 Teknik Mesin FTI-ITS. Selama berkuliah penulis aktif mengikuti kepanitiaan atau organisasi baik di dalam Himpunan Mahasiswa atau di luar Himpunan Mahasiswa yaitu UKM Robotika ITS. Beberapa kepanitiaany yang pernah diikuti adalah *Organizing Comitte* Gerigi ITS 2014, panitia Robot In Action 2014 dan 2015, Panitia PKTI HMDM 2014. Penulis juga mengikuti banyak pelatihan ketika diantaranya LKMM Pra TD XI FTI ITS, LKMM TD IV HMDM 2013 FTI-ITS, PKTI HMDM, PADI HMDM. Pada tahun 2014 penulis diamanahi sebagai Kepala Departemen Humas UKM Robotika, ketua tim official tim robotika ITS, dan staff ahli Departemen Ristek HMDM. Penulis juga aktif sebagai asisten laboratorium metalurgi dan asisten lab mekatronika D3 Teknik Mesin FTI-ITS